



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

OLLI-PEKKA KARINIEMI
RINNAKKAISTEN TUOTENÄKYMIEH HYÖDYNTÄMINEN
TEKNOLOGIATEOLLISUUDESSA

Diplomityö

Tarkastajat: professori Kari Koskinen
ja yliopistonlehtori Antti Pulkkinen
Tarkastajat ja aihe hyväksytty Teknis-
ten tieteiden tiedekuntaneuvoston
kokouksessa 7. toukokuuta 2014

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Konetekniikan koulutusohjelma

KARINIEMI, OLLI-PEKKA: Rinnakkaisten tuotenäkymien hyödyntäminen teknologiateollisuudessa

Diplomityö, 60 sivua, 2 liitesivua

Syyskuu 2014

Pääaine: Tuotantotekniikka ja tuotekehitys

Tarkastajat: Professori Kari Koskinen, Yliopiston lehtori Antti Pulkkinen

Avainsanat: tuotteen elinkaaren hallinta, tuoterakenne, järjestelmäteknikka, tuotetiedon hallinta

Diplomityö on tehty Fimecc:in Manu-ohjelman Promagnet-tutkimusprojektin puitteissa. Työssä on tavoitteena tutkia tuoterakenteen hyödyntämismahdollisuuksia järjestelmissä soveltamalla niitä rinnakkaisten tuotenäkymien kanssa. Työ käsittelee Metso Mining and Constructionin tuotteiden elinkaaritiedon hallinnan (Product Lifecycle Management, PLM) järjestelmien sopeuttamiskeinoja. Toinen tavoite on löytää käytännön hyötyjä uusista sekä käytössä olevista ohjelmistoista.

Tutkimuksen työ jakaantuu kolmeen osaan. Ensin pyritään kattamaan kirjallisuudessa esiintyvä teoria laaja-alaisesti, jolloin käytännön tutkimukselle on tieteellinen pohja. Diplomityön kolme tapaustutkimusta liittyy kohdeyrityksen PLM-järjestelmien kehittämiseen. Tapaustutkimuksissa etsitään vastausta tuotannon, palveluliiketoiminnan ja asennusohjeiden kehittämiseen. Ennen kolmea tapaustutkimusaihetta selvitetään kahden elinkaaren vaiheen organisaation – tuotannon ja palveluliiketoiminnan – nykytilaa niiden PLM-järjestelmien kannalta.

Tutkimus osoittaa, että vaikka kohdeyrityksen PLM-järjestelmät ovat suunnittelun kannalta hallittuja kokonaisuuksia, niitä voidaan kehittää ottamalla mukaan tiiviimmin muita yrityksen liiketoimintoja. Tutkimuksissa havaittiin ohjelmistojen välisen integraation ja muutostenhallinnan huomioimisen olevan ratkaisevia tekijöitä, kun tuodaan PLM-järjestelmiin uusia ohjelmistoja.

Maailmanlaajuisen yrityksen toiminnan kehittäminen on haasteellista, koska kehityksessä huomioitavat sidosryhmät kasvavat. Tässä työssä löydettiin ratkaisuja, joita voitaisiin soveltaa maailmanlaajuisesti eri tuotantolokaatioissa. Tulevaisuuden PLM-järjestelmät tulevat muokkautumaan lisää digitalisoitumisen tarpeen lisääntyessä. Tämä diplomityö tuo läpinäkyvyyttä yrityksen sisäisten organisaatioiden PLM-järjestelmille ja antaa uusia jatkokehitysmahdollisuuksia tulevaisuudelle.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

KARINIEMI, OLLI-PEKKA: Utilizing multiple product structures in technology industry

Master of Science Thesis, 60 pages, 2 Appendix pages

September 2014

Major: Production engineering and Product development

Examiners: Professor Kari Koskinen, University lecturer Antti Pulkkinen

Keywords: product lifecycle management, product structure, systems engineering, product data management

This thesis was made within the Fimecc programme called Manu, as a part of its sub-project called Promagnet. Thesis covers means to adapt product lifecycle management (PLM) systems in Metso Mining and Construction. There are two targets in this thesis: First target was to study possibilities of utilizing systems by processing those with multiple product views. Second target was to find conventional benefits from new and operational software.

Research work is divided in three parts. Purpose of the first part is to cover theory extensively from literature therefore proving that the practical research has a scientific base. Three cases in this thesis are about the development of the PLM systems in the target company. The purpose of the cases is to find solutions for how to develop production, service business line and assembly instructions with the help of PLM systems. Before these three cases, two life cycle phase organizations – productions and service business line – are explained from their PLM systems point of view.

Research shows that it is possible to develop an engineering focused PLM system with other stakeholders. When bringing in new software to the PLM systems it was noticed in the research that integration between software and change management were deciding factors.

Developing the functions of a global company is challenging because of the amount of stakeholders that need to be taken into consideration. Results that could be adapted globally in different production locations were found in this thesis. PLM systems in the future will change as the need for digitalization grows. This thesis brings transparency in the PLM systems for the company's inner organizations and gives new ideas for further development.

ALKUSANAT

Diplomityön tekeminen aiheesta, josta minulla ei ollut tietoaakaan vuonna 2006, on oiva esimerkki siitä, että olen oppinut jotain tekniikasta ja teollisuudesta opiskelujeni aikana Tampereen teknillisessä yliopistossa. Yllättävän mielenkiintoisesta aiheesta ja työn edistymisestä aikataulussa haluan kiittää kehityspäällikkö Kimmo Leikkaa. Säännöllisestä diplomityön ohjaamisesta ja akateemisista korjauksista on kiittäminen tekniikan tohtori Antti Pulkista.

Merkittävästä tuesta 20 vuotta kestäneen koulu-urani aikana sekä hyvään elämään ohjaamisesta saan kiittää esimerkillisiä vanhempiani ja sisaruksiani. Kiitos Annelle, hänen kanssaan saan olla oma itseni ja nauttia elämästä.

Tällä hetkellä mielessä on syyskuiset matkat: lentopallon MM-kisat Puolassa perheen kanssa ja Espanjan riemuloma toisenlaisten urheilijoiden kanssa. Näiden matkojen jälkeen viimeistään näkee, ovatko DI-opinnot olleet kaiken uurastuksen arvoista.

Mielikuvitus on tärkeämpää kuin tieto.

Tampereella 4.7.2014

Olli-Pekka Kariniemi

SISÄLLYS

1	Johdanto.....	1
1.1	Tutkimusmenetelmät.....	1
1.2	MANU-ohjelma.....	3
1.3	Työn rakenne.....	3
2	Kirjallisuuskatsaus.....	5
2.1	Tuoterakenne.....	6
2.2	Tuotteen elinkaari ja PLM-arkkitehtuuri.....	7
2.3	Integroituvuus muihin järjestelmiin.....	9
2.4	Digitaalinen valmistus ja tuotannonohjaus.....	10
2.5	Rinnakkaiset tuotenäkymät ja rakenteet.....	11
2.6	Tuoterakenteiden-, sisällön- ja muutosten hallinta.....	16
2.7	Tuotteen konfigurointi ja massaräätälöidyt tuotteet.....	17
2.8	Teknisten ratkaisujen sovitukset.....	19
2.8.1	Tuotestrategia.....	20
2.8.2	Organisaation toimintatavat.....	20
2.9	Yhteenveto teoriasta.....	22
3	Lähtökohdat tapaustutkimuksille.....	24
3.1	Kohdeyritys.....	24
3.2	Tuotteen elinkaaren hallinta kohdeyrityksessä.....	26
3.3	Tuotannon nykytila.....	28
3.3.1	Tuotantolokaatioiden väliset erot.....	29
3.3.2	Tuotanto-ohjeiden dokumentointi.....	30
3.4	Palveluliiketoiminnan ja dokumentaation nykytilanne.....	32
3.4.1	Varaosakirja.....	34
3.4.2	Varaosakuvat.....	34
3.4.3	Varaosarakenne.....	35
3.5	Johtopäätökset.....	36
4	Tapaustutkimukset.....	37
4.1	Työn aloittaminen.....	37
4.1.1	Ohjelmistojen hyödyntäminen.....	37
4.1.2	Kohdeyrityksen aiemmat MBOM-testit.....	39
4.2	Tapaus: EBOM - MBOM ja muutosten hallinta.....	39
4.3	Tapaus: GBOM - SPBOM ja sisällönhallinta.....	43
4.4	Tapaus: CAD-perusteinen tuotannon tuotenäkymä.....	46
5	PLM-järjestelmien jatkokehitystarpeet.....	51
5.1	PLM-visio ja liiketoimintojen yhteistyön kehittäminen.....	51
5.2	Rinnakkaisesta rakenteesta muodostettu valmistusprosessi.....	52
5.3	PIA - rinnakkaisrakenteen vaikuttavuus.....	54

6	Tapaustutkimusten tulosten tarkastelu	55
6.1	Tapaustutkimusten tulokset	55
6.2	Yhteenveto.....	57
Lähteet	58

TERMIT JA MÄÄRITELMÄT

BOM	Tuoterakenne tai osaluettelo (eng. Bill of Materials)
BOP	Prosessirakenne (eng. Bill of Process)
CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu (eng. Computer Aided Design)
DFC	Suunnitteluun kustannustehokkuus (eng. Design for Cost)
EBOM	Suunnittelun tuoterakenne (eng. Engineering Bill of Materials)
EDM	Suunnittelutiedonhallinta (eng. Engineering Data Management)
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä (eng. Enterprise Resource Planning). Ohjaa henkilöstön, materiaalin, rahan ja tiedon kulkua yrityksessä.
ECM	Suunnittelumuutoksenhallinta (eng. Engineering Change Management) on systemaattinen ja vaiheittainen etenemismalli suunnittelun tekemille muutoksille.
GBOM	Geneerinen tuoterakenne (eng. Generic Bill of Materials), sisältää kaikki vaihtoehdot tuotteen alakokoonpanoille.
JT	Tuotetiedon visualisointi- ja siirtoformaatti.
Jäädyltetty rakenne	Revisiotarkka tuoterakenne.
LTIF	Tapaturmataajuus (eng. Lost Time Injury Frequency)
MBOM	Tuotannon tuoterakenne (eng. Manufacturing Bill of Materials)
MES	Tuotannonohjausjärjestelmä (eng. Manufacturing Execution System)
Nimike	Standardoitu tapa tunnistaa tai nimetä fyysinen tuote, osa, komponentti tai materiaali esimerkiksi numerokoodin avulla.
NX	Siemens PLM Softwaren kehittämä 3D-suunnitteluohjelmisto
PDM	Tuotetiedonhallintajärjestelmä (eng. Product Data Management).
PIA	PLM Impact Analysis
PLC	Tuotteen elinkaari (eng. Product Life Cycle)
PLM	Tuotteen elinkaaren hallinta (eng. Product Lifecycle Management). Joukko erilaisia järjestelmiä ja tapoja joilla tuotteen kehitystä ja valmistusta johdetaan eri elinkaaren vaiheissa.
Revisio	Nimikkeen päivitystä tai muutosta kuvaava elinkaarenvaihe.

Rinnakkaissuunnittelu	Työtapa, jossa tuotekehityksen tehtäviä suoritetaan yhtä aikaa eri toiminnoissa (eng. Concurrent engineering).
SBL	Palveluliiketoiminta (eng. Service Business Line)
SBOM	Huollon tuoterakenne (eng. Service Bill of Materials)
SPBOM	Varaosien tuoterakenne (eng. Spare Part Bill of Materials)
Teamcenter	Siemens PLM Softwaren kehittämä tuote- ja suunnittelu- tiedon hallintajärjestelmä
Tuoterakenne	Yleinen hierarkkinen esitysmuoto tuotteesta, sen osista ja kokoonpanoista sekä niiden suhteista toisiinsa. Ks. BOM

1 JOHDANTO

Teknolוגiateollisuuden tarve tehostaa toimintoja ja leikata kustannuksia tuottamattomista työvaiheista on ollut viime vuosina tasaisen vahva trendi. Toinen trendi on ollut vähentää käytettävien ohjelmistojen määrää sitomalla ohjelmistot yhteen. Yritysten pyrkimykset hallita tuotteiden elinkaarten vaiheita vaatii järjestelmien kehittämistä ja uuden teknologian hyödyntämistä. Asiakasvaatimusten perusteella muunnellut tuotteet monimutkaistavat tuotetiedon hallintaa. Hajautettu osavalmistus sekä globaalit tuotantolokaatiot puolestaan monimutkaistavat tuoterakenteen hallintaa. Teollisuusyrityksen tulee kehittää toimintatapojaan ja tehostaa tietojärjestelmiään pysyäkseen kustannuksiltaan kilpailukykyisenä.

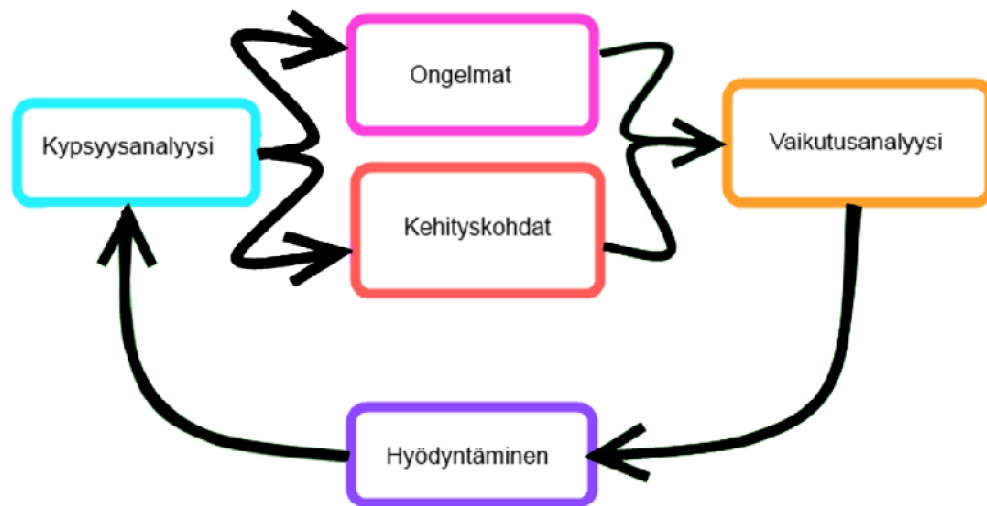
Tässä työssä tutkitaan rinnakkaisten tuotenäkymien ja tuoterakenteiden mahdollisuuksia sekä niiden hyödyntämistä teknolוגiateollisuusyrityksessä. Teknolוגiateollisuusyrityksessä toimivien sidosryhmien tarpeet vaihtelevat siinä, mihin tarkoitukseen tuoterakennetta käytetään. Sidosryhmien tarpeet selvittämällä voidaan suunnitella rinnakkaisten tuotenäkymien soveltuvuutta ja hyödyllisyyttä. Käytännön kokeilujen avulla työ tuottaa suositeltavan tavan toimia ja keinoja, joilla toimintaa voitaisiin jatkaa. Tuotteen elinkaaren hallinnan ratkaisumalleista aiemmin tehty tutkimus (Haanpää 2010) kohdeyritykseen on esittänyt hyväksi käytännöksi tuoterakenteista luotavia erillisiä tuotantotuoterakenteita tuotantoa ja kunnossapitoa varten. Tässä **työssä keskitytään selvittämään käytännön kokeilujen kautta järjestelmien soveltuvuutta todelliseen suunnitteluympäristöön**. Diplomityön lukemista helpottaa, jos lukija tuntee tuotteen elinkaaren hallintaan liittyvää termistöä.

1.1 Tutkimusmenetelmät

Tapaustutkimus on monimuotoinen ja iteratiivinen prosessi (Eriksson & Koistinen 2005, s. 19), jossa tarkastellaan yhtä tai useampaa tapausta. Tapaustutkimuksen määrittely, analysointi ja ratkaisu ovat tapaustutkimuksen keskeisiä tavoitteita (Eriksson & Koistinen 2005, s. 4). Eriksson & Koistinen (2005, s. 20) toteavat, että tutkimuskysymykset ovat tärkeä osa tapaustutkimuksen onnistumista.

Yksi tapaustutkimuksen eri muodoista on nimeltään konstruktiiivinen tutkimus. Tämä tutkimus on käytännön ongelmanratkaisua, joka tapahtuu esimerkiksi uuden mallin tai kuvion avulla. Konstruktiiivisen tutkimuksen onnistuminen ei silti johda uusien asioiden implementoimiseen organisaatiossa, koska uusien toimintamallien implementointiin liittyy hankaloittavia prosesseja kuten muutosvastarinta. Konstruktiiivisella tutkimuksella haetaan ongelmaan ratkaisua aiemmalla tietämyksellä ja osoitetaan uuden ratkaisun toimivuus. (Kasanen et al. 1991, s. 304–305.)

Tuotteen elinkaaren hallinnan (PLM:n) vaikuttavuutta kuvaava PLM Impact Analysis (Leino et al. 2012) eli PIA on tehty uusien PLM-mallien kehittämistä ja implementointia varten. PIA -menetelmässä kohdistetaan kehittämistä enemmän systemaattisten kehityskohteiden tuen havaitsemiselle. PIA-menetelmä soveltuu teollisuuden tarpeisiin. Sillä on onnistuneesti tunnistettu PLM-alueiden ongelmia. Sen avulla voidaan kehittää kommunikaatiota osastojen sekä toimintojen välillä (Leino et al. 2012, s. 510). PIA-tutkimuksesta voidaan heuristisilla menetelmillä tehdä kuvan 1.1. mukainen iteratiivinen prosessimalli.



Kuva 1.1. Heuristisella tavalla johdettu iteraatioprosessimalli PLM Impact analysis -metodista.

Tässä työssä käsiteltävää prosessia on kuvattu iteraatioprosessimallin avulla. Työ aloitetaan kypsyysanalyysistä, jossa pyritään havaitsemaan ongelmia ja kehityskohtia. Vainio (2012, s. 18–19) on koonnut PLM-kypsyysmallille arviointitaulukon, jossa neljällä eri tasolla arvioidaan PLM-kypsyyttä viidellä osa-alueella: PLM:n soveltaminen, omistautuminen ja ymmärrys, integraatio, yhteensopivuuden taso sekä yleinen PLM kuvaus. Vaikutusanalyysin avulla keskitytään niihin ongelmiin ja kehityskohtiin, joiden ratkaisemisella saavutetaan suurin hyöty. Esimerkiksi, jos huono tuotetiedon laatu aiheuttaisi vuodessa arviolta miljoonan euron tappiot yritykselle ja sen korjaaminen kustantaisi arviolta 100 000 euroa. Iso kertakustannus ei houkuttele yritystä sijoittamaan ongelman korjaamiseen, mutta jos parempi tuotetiedon laatu aiheuttaisi enää 800 000 euron tappiot, olisi korjaamisen käytetty raha maksanut itsensä takaisin vuodessa. Tämän ongelman vaikutusanalyysin tulos olisi se, että tämä kannattaisi korjata ja siten hyödyntää havaittua kehityskohtaa saavuttamalla samalla kustannustehokkaampi PLM-ympäristö.

1.2 MANU-ohjelma

MANU-ohjelma on Fimecc:in (Finnish Metals and Engineering Competence Cluster) vuonna 2012 aloittama ohjelma. Se on osittain innovaatio- ja tutkimuskeskus TEKES:n rahoittama ja sen suunniteltu kesto on viisi vuotta. Ohjelmalla tähdätään suomalaisen teollisuuden kilpailukykyyn parantamiseen digitalisoinnin hyödyntämisellä valmistusteknologiassa. (Fimecc 2012, s. 4.)

MANU on jaettu kuuteen eri projektiin:

- Vaativien hitsausrakenteiden simulointi.
- Kovien materiaalien koneistuksen hallitseminen digitalisoimalla.
- Muutos- ja tiedonhallinta maailmanlaajuisessa tuotantoverkostossa.
- Tuotannonohjausjärjestelmät PK-yrityksissä.
- Jakeluverkostojen kehittäminen ja nopeuttaminen digitalisoimalla.
- Uuden sukupolven valmistusmenetelmät.

Projektissa on mukana 32 yritystä ja 6 tutkimuslaitosta mukaan lukien Metso ja Tampereen teknillinen yliopisto. Metso on MANU-ohjelman kautta mukana edistämässä rinnakkaisten tuoterakenteiden, muutostenhallinnan ja virtuaalitekniikoiden osaluettua.

Tämä työ sivuaa PROMAGNET-nimistä projektia, jossa tavoitteena on luoda konsepti tuotteen elinkaaren hallinnan sopeuttamiselle suomalaiseen teknologiateollisuuteen. Tämän toivotaan avaavan uusia mahdollisuuksia yrityksille tunnistaa tuotteen elinkaaren arvo sekä hyödyntää näitä mahdollisuuksia uusilla liiketoimintamalleilla. Projekti tulee edistämään suomalaista teknologiateollisuutta siten, että suuren volyymin tuotannossa saavutetut tuotannon digitalisoitumisen hyödyt pyritään tuomaan matalan volyymin tuotantoympäristöön. PROMAGNET:n toivotaan tuovan yrityksille uusia mahdollisuuksia tunnistaa tuotteen elinkaaren hallinnan arvo ja hyötyä sen tuomista uusista ja innovatiivisista tuotemalleista. (Fimecc 2012, s. 33.)

1.3 Työn rakenne

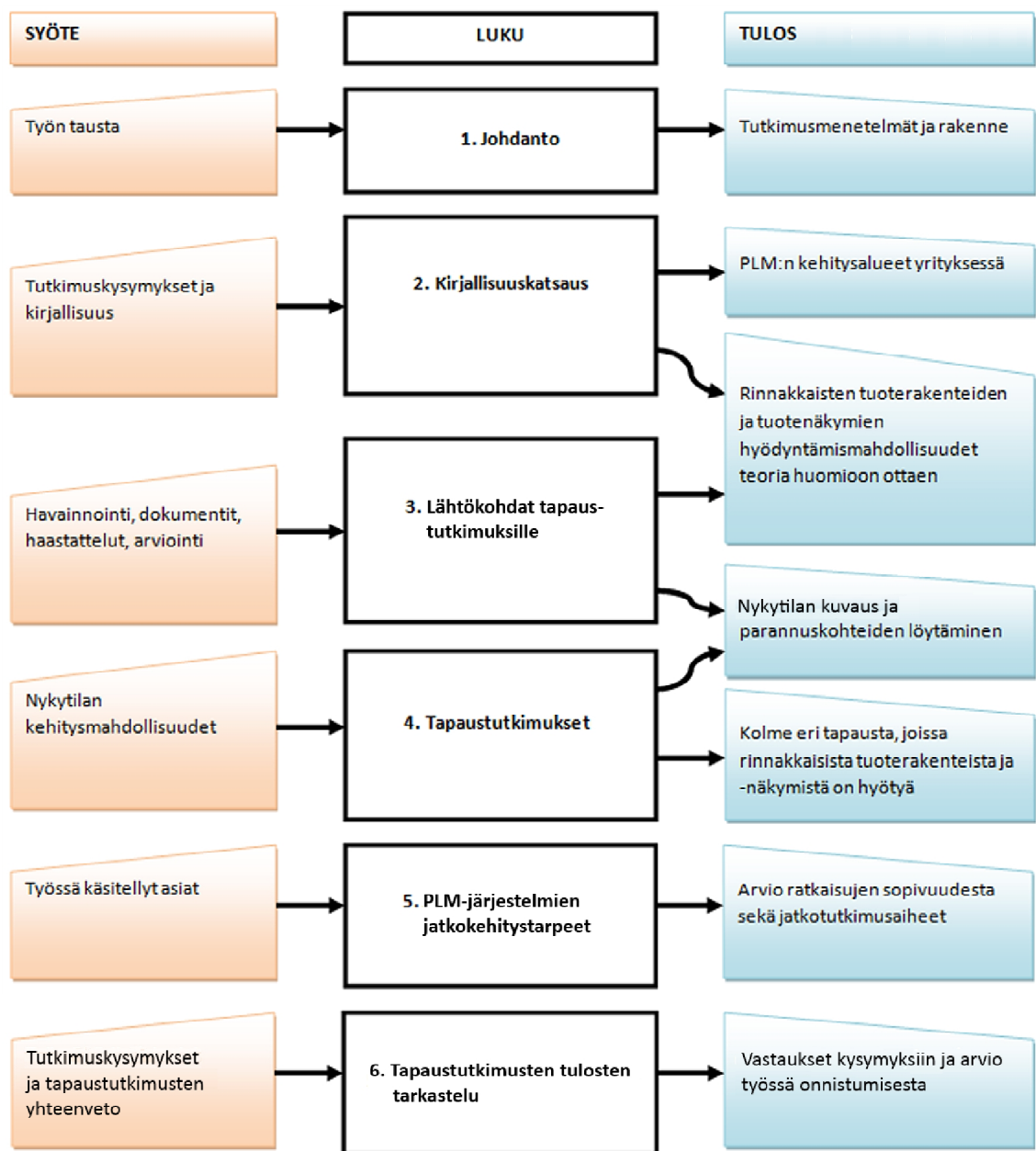
Tämä työ on jaettu kuuteen päälukuun, joista ensimmäinen on johdanto. Johdantolukuun sisältyy tämän työn rakenteen läpikäymisen lisäksi esittely niistä asiayhteyksistä mihin tätä työtä on tehty. Työn toisessa luvussa perehdytään rinnakkaisrakenteiden taustalla oleviin teorioihin. Teoria perustuu rinnakkaisista tuoterakenteista tehtyihin opinnäytetöihin sekä tuotetiedon hallintaan pohjautuvaan kirjallisuuteen. Rinnakkaisrakenteiden teoreettinen viitekehys sisältää rinnakkaisten tuoterakenteiden lisäksi digitaalisen valmistuksen, tuoterakenteiden hallinnan sekä uusien teknisten ratkaisujen soveltamista käytössä olevaan käyttöympäristöön.

Kolmannessa luvussa taustoitetaan tämän työn viitekehukseen sopivia aiemmin kohdeyrityksessä tutkittuja aiheita. Olennaisena osana tätä työtä on ymmärtää rinnakkaisten rakenteiden vaikutus sidosryhmiin kohdeyrityksessä. Tuotannon, globaalin IT-

organisaation, palveluliiketoiminnan ja suunnittelun tarpeet tulee ymmärtää, ennen kuin tuotekehitysprosesseja voidaan alkaa muuttamaan. Kolmannen luvun lopuksi tutkitaan muita markkinoilla tarjottavia ohjelmistoja, jotka tukevat rinnakkaisia tuotenäkymiä.

Työn suorittava osuus koostuu tapaustutkimuksista, jotka käsitellään luvussa 4. Tapaustutkimukset perustuvat aiempiin havaittuihin ongelmiin kohdeyrityksessä ja niiden ratkaisemiseksi on ehdotettu aiemmissa tutkimuksissa erilaisia ratkaisuja. Tapauksien tutkimisen hyödyntäminen kohdeyrityksessä ja ratkaisujen etsiminen havaittuihin ongelmiin on tapaustutkimusten tärkein osa-alue.

Luvussa 5 tuodaan esille tapaustutkimuksien tuottamia jatkokehitystarpeita. Kuudennessa luvussa vastataan neljännessä luvussa kysyttyihin tutkimuskysymyksiin ja kerrotaan, kuinka työn tavoite täyttyi. Tämän diplomityön rakenne kuvataan kuvassa 1.2.



Kuva 1.2. Tutkimuksen rakenne.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

Tuotteiden kasvava monimutkaisuus, massaräätälöinti, sääntely- ja hintapaineet sekä maailmanlaajuinen valmistus ovat teknologiateollisuudessa arkea. Tässä luvussa esitellään rinnakkaisiin tuotenäkymiin liittyvää teoriaa, koska uusille lähestymistavoille nähdään teollisuudessa tarvetta.

Tämän luvun aluksi esitellään mitä tuoterakenne ja tuotteen elinkaari tarkoittavat. Tämän jälkeen selvennetään mitä näiden hallinnassa käytettyjen järjestelmien käyttämiseksi vaaditaan. Seuraavaksi lukijalle esitellään rinnakkaisten tuotenäkymien erot tavalliseen tuoterakenteeseen. Näiden käyttöönottamisessa on olennaista eri osa-alueiden hallinta, joita esitellään rinnakkaisten tuotenäkymien jälkeen. Lopuksi työn taustalla olevan kohdeyrityksen toimintamallien kautta haetaan syvempää ymmärrystä työssä käsiteltävien ongelmien juurisyille. Taulukko 2.1. esittää kysymyksiä, joihin kirjallisuuskatsaus-luvussa pyritään löytämään vastauksia.

Taulukko 2.1. *Teoreettisen viitekehyksen ohjaus kysymysten avulla ja luvut, joihin kysymykset liittyvät.*

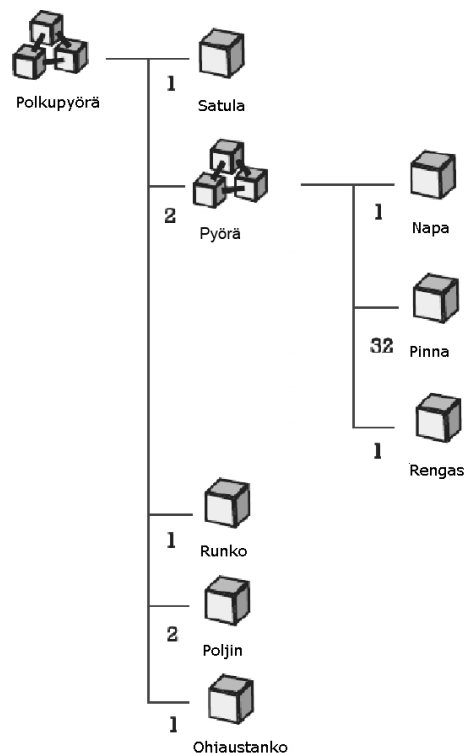
Kysymys	Luku
Jos järjestelmään tuodaan uusia tuoterakenteita, voiko tuotetieto rikkoontua tai voiko siihen tulla enemmän virheitä integraatioissa?	2.1 & 2.3
Millainen potentiaali virtuaalisilla prototyypeillä ja tuotannonohjauksella on teollisuusyrityksen tuotannossa?	2.4
Saavutetaanko rakennekokonaisuuksilla haluttuja etuja ja kuinka tiedonhallinnan haasteet kasvaisivat sidosryhmien lähentyessä toisiaan?	2.5
Miten hallintaprosessit tehdään teollisuusyrityksessä ja miten useiden tuoterakenteiden hallinta mahdollistetaan?	2.6
Kuinka konfiguroitavat tuotteet vaikuttavat rinnakkaisten BOM:iien ylläpitoon ja variantteihin?	2.7
Onko PLM-järjestelmillä mahdollista ratkaista organisaation haasteita tai parantaa toimintatapoja?	2.2 & 2.8

Taulukon 2.1. kysymyksiin pyritään etsimään vastauksia kirjallisuudessa esiintyvää teoriasta. Vastausten löytäminen helpottaa tapaustutkimuksen tutkimuskysymyksiin vastaamista ja antaa tutkimukselle tieteellisen pohjan.

2.1 Tuoterakenne

Tuoterakenteet ovat hierarkkisia luetteloita osista ja komponenteista, jotka syntyvät nimikkeiden ja kokoonpanojen välille luoduista yhteyksiä. Osaluetteloiden (eng. Bill of Materials, BOM) määrän vähentämiseksi komponentteja päivitetään revisioimalla. Hierarkkisella tuoterakenteella voi olla useita erillisiä rakenteita tai näkymiä. Kaikki tuotteen komponentit yhdellä tasolla sisältävää osarakennetta voidaan kutsua nimellä materiaalirakenne, kun taas pelkkiä yksinkertaisia toimintoja (kuten hydraulikkarakennetta) ja niiden välisiä yhteyksiä kuvaavaa rakennetta voidaan kutsua tuotteen toimintorakenteeksi. (Peltonen et al. 2002, s. 60–69.)

Crnkovic et al. (2003, s. 25–26) määrittelevät tuoterakenteen myös kokoonpanojen ja komponenttien yhteiseksi hierarkiaksi, jossa kokoonpanot sisältävät muita komponentteja ja hierarkian alimpana on aina yksittäinen komponentti. Kuva 2.1. havainnollistaa tuoterakenteen hierarkian ja siihen liittyvät kokoonpanot ja komponentit lukumäärineen.



Kuva 2.1. Polkupyörän yksinkertaistettu tuoterakenne (mukaillen Crnkovic et al. 2003, s. 26).

Kuva 2.1. esittää monitasoista BOM:ia, mutta BOM voidaan esittää myös yksitasoisena. Tällöin kuva muuttuisi niin, että ”pyörä”-kokoonpanosta otetaan osat samalle tasolle kuin satula, runko, poljin ja ohjaustanko. Monitasoinen BOM esittää suhteet eri tasojen välillä niin kutsutulla isä- ja lapsitasoina. Näin tuoterakenteen sisäiset kokoonpanot saadaan esitettyä. Sääksjärvi & Immonen (2008, s. 30) mukaan tuoterakenteiden hallinnointi ja ylläpito ovat koko tuotteen elinkaarijärjestelmän (PLM) tärkeimpiä toimintoja.

Tuoterakenteet toimivat pohjana monille muille eri järjestelmien toiminnoille kuten konfiguroinnille. Tuotekonfiguraatioiden hallinta tuotetiedon hallintajärjestelmässä (PDM) on oleellinen osa koko tuoterakenteen hallintaa. Tämän väitetään pätevän kompleksisilla tuotteilla. Tuoterakenteen hallintaan sisältyy eri määrittelyalueiden (kuten suunnittelu ja tuotanto) rinnakkaiset tuotenäkymät. Tuoterakenteen integroitavuus tuotannosuunnitteluun ja toiminnanohjausjärjestelmiin (ERP) on oleellinen toiminnallisuus tuotteella. (Crnkovic et al. 2003, s. 24–25.)

”Toimiva tuote vaatii kaksi asiaa: kompleksisuuden hallitseminen ja koko elinkaaren ajan kestävää tukemista. Mitä monimutkaisempi tuote, sen monimutkaisemmat menettelytavat vaaditaan sen kehittämiseksi ja elinkaaren vaiheiden tukemiselle.” (Crnkovic et al. 2003, s. 4.)

2.2 Tuotteen elinkaari ja PLM-arkkitehtuuri

Suunnittelun ja tuotannon järjestelmät ovat monimutkaisia. Tuotteen elinkaaren tehokkaalla hallinnalla monimutkaisista järjestelmistä voidaan saada yhtenäisempiä. Jos teollisuusyrityksessä olisi useita erilaisia tuotteita tai tuoteperheitä niin myös PLM-arkkitehtuuri tulisi olla sopiva eri tuotteille.

Crnkovic et al. (2003, s. 5) määrittelevät tuotteelle erilaisia toimintoja sen elinkaaren aikana. Näille toiminnoille on luotu tuotteen elinkaaren (eng. Product Life Cycle, PLC) malli. Malli koostuu kuudesta vaiheesta, joista jokaisella on omat toiminnot, eri tekijät, annettu tuki ja erilaiset teknologiat. Seuraavassa kuvassa 2.2. on esitelty vaiheet.



Kuva 2.2. Kuusi yleistä tuotteen elinkaaren vaihetta (mukaillen Crnkovic et al. 2003, s. 5).

PLM:n määritelmässä yhteistä on se, että PLM:llä kehitetään toimintoja jokaisessa elinkaaren vaiheessa. Myös elinkaaren vaiheiden välissä olevia linkkejä kehitetään PLM:llä. Tällä tavoin tuotteen kehitys nopeutuu ja tuotteen elinkaaren hallinta tehostuu. PLM on laaja käsite, joka sisältää kehitysmahdollisuuksia monissa elinkaaren vaiheissa. PLM-ympäristö on innovatiivisempi mahdollistaen luovia ja yhteistyöllisiä menetelmiä. Monimutkaisten asiakasvaatimusten perusteella tehtyjen tuotteiden toteuttaminen on nopeampaa asiakkaan tai alihankkijan ollessa paremmin sidottuna tuotteen suunnitteluun ja valmistukseen. Lisätyllä yhteistyöllä tuotteen prototyypin hinta, läpimenoaika ja tuotemuutosten määrä laskee. (Vainio 2012, s. 5-7.)

Sääksvuori & Immonen (2008, s. 18) ovat huomanneet PLM-järjestelmissä olevan monia yhteisiä ominaisuuksia, joista kolme ovat useimmiten identtisiä toiminnallisia yksiköitä. Arkistoholvi (eng. File vault) on arkistoserveri, jossa säilytetään keskitetysti dokumentteja, kuten CAD-piirustuksia tai nimikkeiden ominaisuuksia luetteloivia teks-

tidokumentteja. Metatietokantaa (eng. Metadata base) tarvitaan ylläpitämään eri järjestelmien tuottamaa tuotetietoa. Sovelluksen (eng. Application) tarkoituksena on tehdä tiedon- ja metatiedon hallinnan toimintoja sekä toimia käyttöliittymänä järjestelmien ja käyttäjän välillä.

PLM-arkkitehtuureja on kolmea erilaista tyyppiä (Vainio 2012, s. 26): Perintöarkkitehtuuri (eng. Legacy architecture), yksilähteinen arkkitehtuuri (eng. Single source architecture) ja palvelupainotteinen arkkitehtuuri (eng. Service-oriented architecture). Jokaisesta PLM-arkkitehtuurista löytyy heikkouksia ja vahvuuksia, joita on kerätty taulukoihin 2.2., 2.3. ja 2.4.

Taulukko 2.2. Perintö PLM-arkkitehtuurin heikkoudet ja vahvuudet (mukaillen Vainio 2012, s. 29–30).

Arkkitehtuurityyppi	Vahvuudet	Heikkoudet
Perintö-arkkitehtuuri	<ul style="list-style-type: none"> - Tuttu arkkitehtuuri, joka toimii - Alijärjestelmät voidaan vaihtaa ilman seurauksia toisiin alijärjestelmiin - Muutokselle ei tarvetta, käyttäjät voivat työskennellä vanhoilla järjestelmillä ja prosesseilla 	<ul style="list-style-type: none"> - Manuaalinen tiedonjako alijärjestelmien välillä - Monimutkainen ylläpito, koska erillisiä tietokantoja joissa toistuvaa tietoa - Kilpailijat ottavat käyttöön tehokkaamman PLM arkkitehtuurin - "Pisteestä pisteeseen" integraatiot johtavat monimutkaiseen, joustamattomaan, epävakaiseen ja epäluotettavaan arkkitehtuuriin

Taulukko 2.3. Yksilähteisen PLM-arkkitehtuurin heikkoudet ja vahvuudet (mukaillen Vainio 2012, s. 29–30).

Arkkitehtuurityyppi	Vahvuudet	Heikkoudet
Yksilähteinen arkkitehtuuri	<ul style="list-style-type: none"> - Tietoturva ja tiedon paikkansapitävyys paranee tietokantoja ollessa vain yksi - Käytettävillä työkaluilla voidaan käsitellä kaikkea tietoa - Voidaan valita vain yksi järjestelmätoimittaja - Keskitetty PDM -järjestelmä johtaa läpinäkyvämpään toimintaan eri liiketoimintojen välillä - Hyvin integroitunut ja kontrolloitu järjestelmä 	<ul style="list-style-type: none"> - Vaatii raskaasti tilaustyötä nykyisten uusien alijärjestelmien ja prosessien käyttöönotossa - Hankala laajentaa muiden järjestelmien kanssa - Järjestelmän vaihtaminen on kallista - Yhteen PLM-arkkitehtuuriin tukeutumisessa on olemassa riskinsä - Hahmottaminen hankalaa, jakautunut suunnittelutyö

Taulukko 2.4. *Palvelupainotteisen PLM-arkkitehtuurin heikkoudet ja vahvuudet (muokailleen Vainio 2012, s. 29–30).*

Arkkitehtuurityyppi	Vahvuudet	Heikkoudet
Palvelupainotteinen arkkitehtuuri	- Korkea joustavuus ja yhteensovitus	- Järjestelmäintegraatioiden ja tietokantojen ylläpito raskasta
	- Käyttäjien koulutuksen tarve vähäinen, koska mahdollista käyttää perintö alijärjestelmiä	- Käytön valvonta hankalaa
	- Ei ole riippuvainen yhdestä järjestelmätoimittajasta	- Yhden alijärjestelmän päivitys vaikuttaa muihin järjestelmiin
	- Työkalut toimivat vahvassa tietokantaverkossa	- Työkalut tehty tilaustyönä ja niiden korvaaminen on hankalaa
		- Tietovirheiden paikannus ja korjaaminen on aikaa vievää

Perintöarkkitehtuuri on tutkimusten mukaan yleisin käytössä oleva PLM-arkkitehtuuri, koska tällä hetkellä yksilähteisen arkkitehtuurin kokoaminen ja palvelupainotteisen arkkitehtuurin väliohjelmisto ovat hankala toteuttaa. Tarpeen vaatiessa yritysten on todennäköisintä vaihtaa perintöarkkitehtuuri yksilähteiseen tai palvelupainotteiseen arkkitehtuuriin. (Vainio 2012, s. 32.)

2.3 Integroituvuus muihin järjestelmiin

PLM-järjestelmä on monesti useiden eri järjestelmien summa, joten se vaatii toimiakseen näiden järjestelmien yhdistämistä. Yhdistäminen vaatii tarkkaa suunnittelua, koska järjestelmät toimivat eri tavoin sekä niillä tehdään erilaisia töitä osastoittain. Järjestelmien sisällä käsiteltävä data tulisi olla samankaltainen kaikissa järjestelmissä eli datan tulisi olla harmonisoitua.

Crnkovic et al. (2003, s. 19) mukaan PDM-järjestelmien ja tuoterakenteiden integraation pitkän historian takia yritysten perintöjärjestelmiä (eng. Legacy systems) on hankala korvata. Tämä johtuu siitä, että perintöjärjestelmät sisältävät tuotetietoa pitkältä ajalta, niillä on yleensä paljon käyttäjiä sekä niillä on valmiita integraatioverkostoja muihin järjestelmiin. Mitä enemmän yrityksessä on toimintoja kuten valmistus, suunnittelu, osto, sitä enemmän on erilaisia tietojärjestelmiä tukemaan näitä toimintoja (Peltonen et al. 2002, s. 106). Peltonen et al. (2002, s. 107) tuovat esille PDM-järjestelmien integraatioon liittyvän termin pääjärjestelmä eli *master*. Tämä on yrityksen PDM-, ERP- ja CAD-järjestelmissä se yksittäinen järjestelmä, jossa tuotteisiin liittyvää tietoa voidaan muuttaa ja mistä tieto siirretään toisiin järjestelmiin.

Sääksvuori & Immonen (2008, s. 65) näkevät PLM-järjestelmien integroinnissa tärkeimpänä tiedon omistajuuden ja sijainnin. Sääksvuori & Immonen (2008, s. 55) esittävät järjestelmien integrointiin kolmea tapaa: tiedostojen siirtäminen, tietokantojen integ-

roiminen tai väliohjelmisto (eng. Middleware). Helpointa ja yksinkertaisinta on siirtää tiedostoja, mutta muutokset ohjelmistoissa ja datassa aiheuttavat suuria työpanoksia. Tietokantojen jakaminen on tehokasta toimiessaan, koska silloin olemassa oleva tieto on harmonisoitua eli kaikilla käyttäjillä on samaan aikaan käytössä paikkansa pitävää dataa. Väliohjelmistojen etu on siinä, että se vähentää integraatioiden määrää ja myös tekee niiden hallitsemisesta helpompaa. Väliohjelmisto on jatkuva kehitysprosessi, jossa yrityksen PLM-järjestelmät jakavat ja liikuttavat tietoa (Sääksvuori & Immonen, 2008, s. 65).

Lee et al. (2011, s. 399) pitävät digitaalista valmistusta tärkeimpänä tiedon integraatiotyökaluna PDM:n ja ERP:n välillä. Tämä johtuu siitä, että digitaalisen valmistuksen teknologia pitää sisällään CAD-tiedon ja tuotannon simulointitiedon, josta mahdollistetaan tapa siirtää suunnittelun tuoterakenteen tuotannon tuoterakenteeksi. Digitaalisella valmistuksella varmistettu laadukas prosessi- ja resurssitieto olisi mahdollista saada ERP-järjestelmään globaaleille tuotantolokaatioille.

2.4 Digitaalinen valmistus ja tuotannonohjaus

Kannattavuuden parantaminen ja tuottavuuden lisääminen ovat tuotteita valmistavien yritysten keinoja selviytyä. IT-järjestelmissä on käyttämätöntä potentiaalia, jota voidaan ottaa käyttöön voimavarojen laajentamiseksi.

Chryssolouris et al. (2009, s. 451) toteavat, että digitaalisella valmistuksella (eng. Digital Manufacturing) saavutettaisiin useita eri hyötyjä monella eri saralla: Digitaalinen valmistus mahdollistaisi muun muassa valmistustiedon integroimisen PLM-järjestelmiin eri tuotantoprosesseista sekä yhteistyön lisäämisen IT-järjestelmien asiantuntijoiden ja tuotanto-organisaation välillä. Lisäksi Chryssolouris et al. (2009, s. 458) ovat huomanneet, että tuotteen elinkaaren vaiheissa (kuten tuotteen suunnittelu ja tuotanto) on ongelmakohtia laadun ja tuotannon määrittelyssä. Tätä ei heidän mukaansa tarvitse suorittaa molemmissa, vaan riittäisi, että määrittely tehtäisiin vain toisessa elinkaaren vaiheessa. Tähän voisi auttaa digitaalisen valmistuksen periaatteiden siirtäminen enemmän vain toiseen näistä vaiheista.

Digitaalista valmistusta Westkämper (2007, s. 10) on kuvannut yhdeksi ydinteknologiaksi ja moderniksi työkaluksi suunnittelulle, tuotannon valvomiselle ja hallinnoimiselle maailmanlaajuisen tuotannon aikakautena. Lisäksi Westkämper toteaa, että insinöörit ovat saaneet uusia haasteita järjestelmien optimoinnista ja tiedonhallinnasta. Chryssolouris et al. (2009, s. 460) kuvaavat digitaalista valmistusta teknologiaksi, jonka avulla tuotantotiedosta voi tulla virallisempaa. Digitaalinen valmistus voisi täyttää aukon tuotteen valmistuksen konseptoimisen ja varsinaisen tuotannon välillä.

Lee et al. (2011, s. 399) pitävät digitaalisen valmistuksen perustana sitä, että ERP-järjestelmä on yhdistetty globaaliin tuotantoympäristöön ja tuotetieto on integroitu PDM-järjestelmään. Tutkimuksessaan he esittävät teorian, jossa digitaalinen valmistus toimisi perustana tuoterakenteen integroimisessa olemassa oleviin järjestelmiin.

Westkämper (2007, s. 2) väittää maailmanlaajuisen tuotannon tekevän muutoksia koko tuotantojärjestelmille. Esimerkiksi laatuasiat nousevat tärkeiksi, kun viedään tuotantoa ja kulutusta kehittyville alueille. Tällaisessa entistä monimutkaisemmassa ympäristössä selviää paremmin omaamalla muutoskykyisen yritysorganisaation. Westkämper (2007, s. 6) mainitsee lisäksi, että erilaisten tuotannon prototyyppituotteiden tuottavuuden ja ajankäytön hukkaamisen vähentämistä voidaan saada parannettua mallintamalla kaikkia tuotantoprosesseja etukäteen.

Digitaalinen valmistus tarjoaisi metodologian suunnittelun tuoterakenteen muuttamiseksi tuotannon tuoterakenteeksi, koska sen teknologia sisältää fyysisen ja loogisen tietokonemallinnuksen sekä simulaatiotekniikat tuotantoympäristöille. Lee et al. (2011, s. 399) mukaan sekä tuotannon tuoterakenne kuin myös jokaisen tuotantolokaatiolle sopivat prosessi- ja resurssitiedot voitaisiin lähettää ERP-järjestelmään. ERP-järjestelmässä on tavanomaisesti ainakin yksi puute: Se ei ota huomioon tuotannon toimintaa riittävän kattavasti ja näitä puutteita korjaamaan on kehitetty tuotannonohjausjärjestelmä MES (eng. Manufacturing execution system).

MES-järjestelmän ydin on tuotannonhallinnan operaatiot. ISA-95 standardi määrittelee neljä keskeistä toimintaprosessia MES-järjestelmälle: tuotanto-, laatu, huolto- ja varastotoimenpiteiden hallinta. ERP- ja MES-järjestelmien välisen integraation olennaiset tiedonvaihtokategoriat ovat tuotteen määrittely, tuotannon kyvykkyys, tuotannon aikataulutus ja tuotannon suorituskyky. Kategoriat soveltuvat kaikkiin neljään toimintaprosessiin. Digitaaliseen valmistukseen liittyen näille kategorioille voidaan antaa esimerkkejä. Tuotteen määrittelyllä tuotanto tietää, mitä tuotteen valmistuksen kannalta olennaisia asioita tulee olla määritettynä. Tuotannon kyvykkyydestä välitetään tietoa käytettävien resurssien (esim. henkilöstön) potentiaalista. Tuotannon aikataulutus kertoo toteutettavista tilauksista ja niiden järjestyksestä. Tuotannon suorituskyvyllä työntekijät raportoivat tuloksia ylemmälle tasolle analysoitavaksi. (ANSI/ISA-95.00.03-2005.)

2.5 Rinnakkaiset tuotenäkymät ja rakenteet

Tuotteen parissa työskentelevät sidosryhmät ovat kiinnostuneet eri tavoin tuotteesta, jolloin pelkän yhden rakenteen käyttäminen ei välttämättä palvele kaikkia sidosryhmiä heidän haluamallaan tavalla. Tällaisessa tapauksessa yksi vaihtoehto olisi tehdä tuotteelle erilaiset rakennekokonaisuudet.

Tuoterakenne voidaan suodattaa siten, että BOM:sta on piilotettuna kaikki muu paitsi korostetut tuoterakenteen osat. Tuoterakenteen suodattaminen helpottaa suurten ja monimutkaisten tuoterakenteiden tarkastelua. Nykyiset PLM-järjestelmät voivat luoda useita tuotenäkymiä yhdelle ja samalle tuotteelle, mutta esimerkiksi suunnittelun ja tuotannon tuoterakenteiden ylläpitäminen voi olla käytännössä mahdotonta. Ylläpidon tekee vaikeaksi monimutkaisten tuotteiden erillisten rakenteiden suhde toisiinsa ja näiden päivittäminen. Päivittämisen tarve lisääntyy sitä mukaa, kun tuotteen elinkaareen tulee uusia vaiheita, kuten jälkimarkkinointi/varaosamyynti ja huolto. (Sääksjärvi & Immonen 2008, s. 30–31.)

Tuotteen rakenne voidaan esittää eri tavoin PDM- ja PLM-järjestelmissä. Seuraavaksi on esitelty kaksi erilaista, mutta toistensa kanssa samankaltaisia ajatuksia sisältäviä jaotteluja erilaisille tuotenäkymille.

Peltonen et al. (2002, s. 64–66) esittävät kolmea eri muotoa tuoterakenteiden näkymiksi:

1. Moninäkömäärä rakenne: Tuote jaotellaan eri näkökulmien mukaan useaan eri rakenteeseen. Tavalliseen tuoterakenteeseen tuotaisiin esimerkiksi sähkösuunnittelun ja mekaniikkasuunnittelun rakenteiden laajennukset.
2. Yksi suodatettu rakenne: Tuotteelle määritetystä yhdestä isosta rakenteesta (esim. geneerinen rakenne) suodatetaan eri tarkoituksiin sopivia rakenteita. Tuotteen osakokonaisuuksia käyttävät osapuolet (esim. valmistus ja suunnittelu) tarvitsevat erilaisia tuoterakenteita.
3. Erilliset rakenteet: Ensimmäisestä moninäkömäärämenetelmästä poiketen tällä menetelmällä jaetaan tuote aidosti erilaisiin osiin. Tuote voidaan jakaa sen toimintojen mukaan (esim. jarrutus tai jäähdytys) tai niitä vastaavien osien mukaan (jarrulevyt tai tuuletin).

Harlou (2006, s. 33) on tutkinut tuotenäkymiä tuoteperheiden kannalta ja jakaa tuotenäkymätyypit neljään eri muotoon.

1. *Product assortment views*: Tuotetarjoomassa näytetään tuotejoukon yleiskuvassa kaikki variantit mitä markkinoilla tarjotaan sekä tuotteen ja tuoteperheen yhteiset ominaisuudet.
2. *Product life views*: Tuotteen elinkaarinäkymä näyttää järjestelmät, missä tuotetta käytetään sen eri vaiheissa kuten tuotannon tai myynnin järjestelmät
3. *Genetic product structure*: Tuotteen rakennetta tarkastellaan neljässä eri määrittelyalueessa eli tuotteen yhdistelmät voidaan määrittää asteittain.
4. *Functional views*: Tuotteen näkymät voidaan selittää eri ominaisuuksien mukaan. Näkymistä luodut mallit määritellään määrittelyalueiden kielellä.

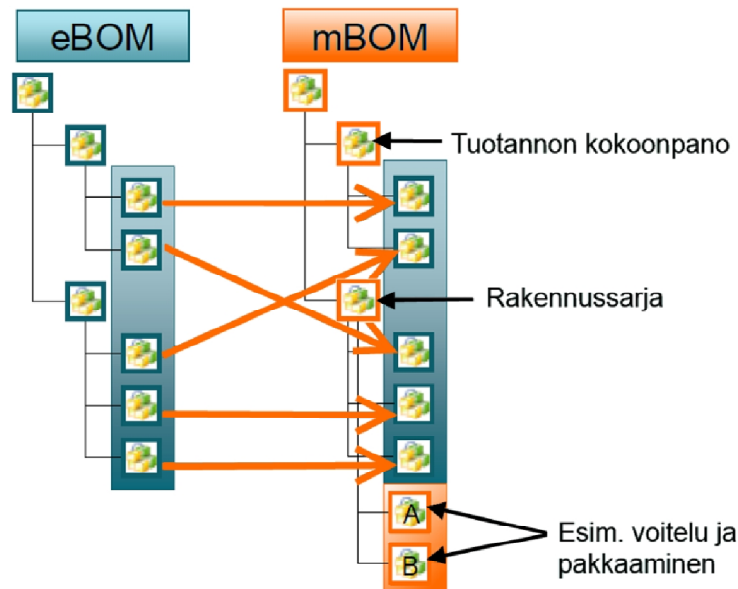
On havaittu, että tuotteen määrittelylle PDM-järjestelmässä voisi olla erilaisia yhteyksiä riippuen liiketoiminnan osa-alueista. Tuoterakennetta on tarve käyttää erilaisin menettelytavooin yrityksen eri liiketoiminnan aloilla. Tällaisia liiketoimintoja yhdistäviä tekijöitä PDM-järjestelmässä on seuraavanlaisia: ”kuten suunniteltu” (eng. Designed as), ”kuten rakennettu” (eng. Built as) ja ”kuten laadittu” (eng. Planned as). Liiketoiminnot, jotka näkevät tuotteen eri tavoin ja tarvitsevat oman määrittelyn tuoterakenteelle mainitaan olevan suunnittelu-, tuotanto, huolto-, osto- ja myyntiosasto. (Crnkovic et al. 2003, s. 25.)

Zhang & Yushun (2006, s. 188–189) ovat luoneet erillisiä rakenteita ja tuotteen elinkaaren vaiheita kuvaavat lyhenteet: suunnittelurakenne lyhennetään EBOM, Engineering BOM. Tuotantorakenne lyhennetään MBOM, Manufacturing BOM. Huolto-rakenne lyhennetään SBOM, Service BOM. Näiden lisäksi Zhang & Yushun (2006, s.

188) esittävät yleiselle rakenteen esitystavalle esitystavan GBOM, eli Generic BOM. Geneerinen tuoterakenne vastaa kaikista tuoteperheeseen liittyvistä osista ja komponenteista. GBOM sisältää kaiken tiedon myös konfiguraatiosäännöistä ja varianttien suunnittelusta.

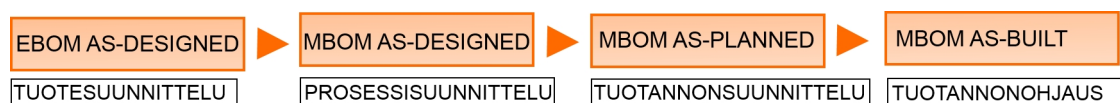
Peltonen et al. (2002, s. 81) kirjoittavat, että geneerinen rakenne on kokonaisen tuotteen yleinen kuvaus eli sellainen rakenne, joka sisältää kaikki siihen kuuluvat komponentit vaihtoehtoineen. Geneerisestä rakenteesta on tehtävä konfiguraatio, mitä hallitaan konfigurointisäännöillä. Tuotteen konfigurointi synnyttää massaräätälöityjä tuotteita, joista rakennetaan asiakkaan vaatimuksien mukaisia yksilötuotteita (Peltonen et al. 2002, s. 80).

Tärkein ja yleisimmin käytössä oleva rakenne on EBOM, joka voi vastata monenkin eri käyttäjän tarpeisiin. Globaalissa yhtiössä suunnittelun ja tuotekehityksen tarpeisiin vastaava rakenne ei palvele kaikkia sidosryhmiä. Zhangin ja Yushunin menetelmää käyttämällä voidaan varaosarakenteelle johtaa nimi SPBOM (Spare Part BOM). Seuraavassa kuvassa 2.3. havainnollistetaan EBOM ja MBOM tuoterakennemallien eroja.



Kuva 2.3. MBOM:n muodostaminen EBOM:sta (mukaillen Vehviläinen 2013).

Lee et al. (2011, s. 399) pitävät tärkeänä sitä, että EBOM:sta muutettu MBOM:n pitäisi sopia jokaiselle yksilölliselle tuotantolokaatiolle. Tämä ei ole yksinkertaista, kuten Lee et al. (2011, s. 408) toteavat, koska tuotantopaikat globaaleissa valmistusyrityksissä omaavat erilaisia resursseja kuten työntekijöitä ja valmistuslinjoja. Uuden tuotteen kehitysprosessiksi BOM:lle globaalissa tuotannossa Lee et al. (2011, s. 403) ehdottavat kuvan 2.4. mukaista järjestystä:



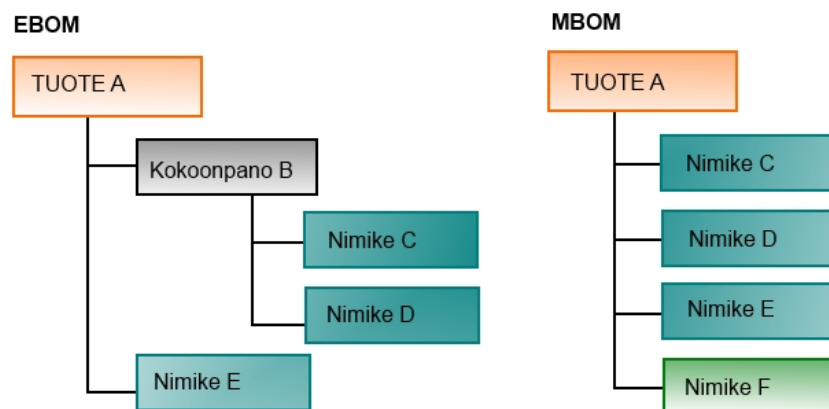
Kuva 2.4. BOM:n eri ominaisuudet maailmanlaajuisessa tuotannossa (mukaillen Lee et al. 2011, s. 403).

Tällä tavoin saavutetaan EBOM:ssa olennaisena oleva tuoterakenne tuotteen suunnittelun tehokkuuden kannalta sekä huomioidaan asiakkaiden tarpeet vaihtoehtoisilla nimikkeillä. MBOM tuo tehokkuuden tuotannon operaatioihin, joita ovat esimerkiksi hankinta ja valmistus. Maailmanlaajuisessa tuotannossa tulee huomioida erilaiset kokoonpanot ja eri materiaalivaihtoehdot, jolloin rakenteessa on toisilleen vaihtoehtoisia komponentteja. Toinen tuotantolaitos valmistaa itse osan, kun taas toiselle tehtaalte on halvempaa ostaa sama osa alihankkijoilta riippuen tehtaan varustelutasosta. (Lee et al. 2011, s. 403.)

MBOM mahdollistaa kytkennän tuotannonohjauksesta suunnittelutietoon. Tästä syystä se on tärkeä osa teollisuusyrityksen tuotteen elinkaaren hallintaa. MBOM:n väitetään olevan hankalasti markkinoitava toimittajalta tilaajalle, koska sen käyttöönottoon liittyy ongelmia (Shilovitsky 2012). Shilovitsky (2012) on listannut näille ongelmille neljä syytä:

- MBOM tulee PLM-järjestelmien integroinnissa loppupäässä muutosprosessien jälkeen.
- Suunnittelijoiden vähättelevä käytös tuotteen valmistusta kohtaan ja tahto saada EBOM yhteen MBOM:n kanssa.
- Monen rakenteen synkronisointi vaatii monta synkronisointityökalua sekä monimutkaistaa valmistusprosessien suunnittelua.
- Kappaleenvalmistustiedon saattaminen tehokkaasti järjestelmään.

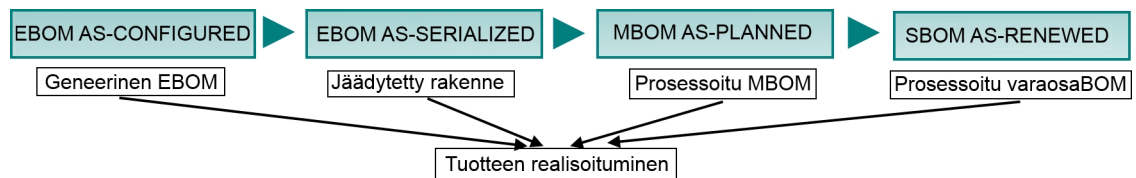
EBOM:n ja MBOM:n erona on, että EBOM:ssa suunnittelijat luulevat tekevänsä pienillä muutoksilla tuoterakenteesta valmistukseen sopivan. MBOM:n ero EBOM:iin on kokoonpanot, jotka suunnittelussa on loogisesti ryhmitelty kokoonpanoksi, kuten kuvassa 2.5. esitetty kokoonpano B. Tällaisella kokoonpanolla ei nähdä hyötyä tuotannossa. Sen lisäksi MBOM:iin on kuvassa 2.5. lisätty tuotannossa tarvittavia rivejä, kuten liimat tai pakkaukset (Nimike F), joita suunnittelurakenteessa ei voida havainnollistaa. Kuva 2.5. esittää yhden näkemyksen EBOM:sta ja MBOM:sta. (Voskuil 2008.)



Kuva 2.5. EBOM:n ja MBOM:n eroja tuoterakenteessa (mukaillen Voskuil 2008).

Tuotteen eri elinkaarille määritetyt ympäristöt, kuten EBOM ja MBOM parantavat kokonaisymmärrystä tuotteesta. Uutta tuotantoprosessikonseptia voidaan ehdottaa sellaisille yrityksille, jotka muokkaavat EBOM:nsa vastaamaan tuotannon tarpeita sekä niille yrityksille, jotka hallitsevat MBOM:ia ERP-järjestelmässä. Tämä johtuu siitä, että PLM-järjestelmät kattavat sen tiedon, jota tarvitaan ERP-järjestelmän kautta suoritettuun ohjauksen suunnitteluun. (Voskuil 2008.)

Tuotteiden rinnakkaisten rakenteiden prosessointiin on Haanpää (2010, s. 93–94) tehnyt yksityiskohtaiset ohjeet ja ratkaissut menetelmän konfiguroitujen tuotteiden prosessointiin. Tuoterakenteen prosessointi lähtee geneerisestä suunnittelurakenteesta ja sen lopputuloksena saavutetaan yksiselitteiset rinnakkaisrakenteet, kuten tuotantorakenne ja varaosarakenne. Konfiguroitavan tuotteen varioituvuus tulee prosessin myötä mukaan myös rinnakkaisiin rakenteisiin. Lyhennettynä prosessi toimii siten, että geneerisen rakenteen rakennerivit kloonataan haluttuun hierarkiaan rinnakkaisiin rakenteisiin ja sen jälkeen konfiguroituun tuotteeseen kuulumattomat nimikkeet poistetaan rakenteesta tunnisteiden avulla. Prosessoiduista rinnakkaisista tuoterakenteista voidaan toteuttaa tuotteen realisoituminen, jota havainnollistetaan kuvassa 2.6.



Kuva 2.6. Yksittäisen tuotteen erilaiset prosessoidut rakenteet (mukaillen Haanpää 2010, s. 108).

Tuoteyksilön toteutumisen vaiheet on tallennettu tietorakenteeksi PLM-järjestelmään, josta sitä voidaan siirtää integraatioiden avulla ERP-järjestelmään. Tuotteen toteutuminen alkaa suunnittelun luomasta geneerisestä tuoterakenteesta, josta voidaan konfiguroimalla saada jäädetyt ja sarjanumeroitu rakenne. Jäädetyt rakennetta ei enää revisioida ja se on ikään kuin tallennettu rakenne. Asiakkaan tilaama tuote sarjanumeroidaan, jolloin sen ostohtekellä olevasta tuotteesta tulee jäädetyt rakenne. Jäädetyt ja sarjanumeroidun rakenteen lisäksi voidaan käyttää MBOM- ja SBOM-rakenteita, joista eri tuotteen elinkaaren eri vaiheissa työskentelevät sidosryhmät hyötyvät. (Haanpää 2010, s. 94)

Majander on diplomityössään (2011, s. 64) hyödyntänyt tuoterakenteiden hallinnassa Teamcenter PLM-järjestelmän käyttöä. Yhdeksi keinoksi tuoterakenteiden hallintaan Majander (2011, s. 64) esittää niiden suodattamista erilaisilla näkymillä. Majander (2011, s. 65) on tutkimuksissaan löytänyt kaksi eri menetelmää suodattaa rakenteita. Toinen on nimikeattribuuttiperusteinen ja toisessa luodaan valmiita tuoterakennepohjia. Ensimmäisessä vaihtoehdossa käyttäjän tulee tehdä nimikkeille ominaisuuksia (eng. Attributes), jotka määrittävät ovatko nimikkeet esimerkiksi tuotanto- vai varaosanimikkeitä. Tällä keinolla Majander on voinut tuoteyksilöistäkin saada suodatettua vaihtoehtojen elinkaarivaiheiden geneerisiä tuoterakenteita. Tässä vaihtoehdossa on ominai-

suuksien määrittelyllä sekä hyviä, että huonoja puolia. Sekä hyvä, että huono puoli liittyy nimikkeen tekijään – nimikkeen tekijä pystyy suoraan nimikkeen luonnin jälkeen luokittelemaan sen käyttötarkoituksen, mutta tekijällä ei välttämättä ole tarvittavasti tietämystä luokitteluksista. Suodatusattribuuttien määrän kasvaessa nimikkeiden perustaminen monimutkaistuu, mutta oikealla ohjeistuksella ja valvonnalla se helpottaa tiedonhakua.

Toisen suodatusmenetelmän eli valmiiden tuoterakennepohjien ylläpitäminen vaatii henkilöresursseja (Majander 2011, s. 66). Tuoterakennepohjat tehdään Teamcenter-järjestelmässä, jossa niitä hallitaan prosesseja automatisoivan Multi-structure manager -ohjelman avulla. Tuoterakennepohja vähentää virheiden mahdollisuutta automaattisuudellaan, mutta tarkat takaisinmaksuaikalaskelmat resursseista ja säästöistä puuttuvat. Ohjelman asianmukaisella käytöllä voisi Majanderin (2011, s. 67) mukaan tehdä tuotteen geneerisestä mallista konfiguroimalla tuoteyksilön 3D-malli. Tämä vaatisi origoon sidotuista 3D-malleista koostuvan GBOM:n. Tuotteen konfiguroinnista kerrotaan lisää luvussa 2.7.

2.6 Tuoterakenteiden-, sisällön- ja muutosten hallinta

Tuotteessa tapahtuu jatkuvasti muutoksia: nimikkeiden attribuutteja, osien geometriaa, kokoonpanojen komponentteja ja materiaaleja sekä tuotedokumentteja muutetaan. Tuotetiedon määrä monimutkaistaa tuotteen hallintaa eri osa-alueilla. Tuoterakenteiden-, sisällön- ja muutosten tehokas hallinta on tärkeää yrityksissä, koska hallinnassa tehdyistä virheistä koituu laajoja seurauksia.

Valmiin tuoterakenteen hallinnassa nousee esille tuotteeseen tehtävien muutosten hallinta. Lee et al. (2011, s. 399–401) väittävät globaalien tuotevalmistajien tuotteiden hallinnan olevan kompleksista, minkä takia myös resurssien hallinta on kasvanut aiempaa merkittävämmäksi ja ERP-järjestelmien käyttö on kasvanut. Suunnittelijoiden tekemät muutokset tuoterakenteeseen tulee pitää ajan tasalla myös ERP-järjestelmässä. Tällä tavalla tieto pysyy virheettömänä ja tiedon laatu- ja kustannuksia ei kohdata. Lee et al. (2011, s. 400) ovat sitä mieltä, että EBOM ei huomioi riittävästi valmistuksen ja oston tarpeita, jolloin ERP-järjestelmään lähetetty EBOM ei myöskään palvele suoraan kyseisiä sidosryhmiä. Lee et al. (2011, s. 400) ehdottavat, että tuoterakenteeseen pitäisi saada ominaiseksi kaikkien tuotteen valmistukseen liittyvä työ siihen liittyvine materiaaliostoineen. Näin saatu MBOM olisi ERP-järjestelmässä hallittavuudeltaan EBOM:ia parempi, koska se sisältäisi tiedon muun muassa siitä valmistetaanko vai ostetaanko komponentteja (Lee et al. 2011, s. 400.)

Raskaiden työkoneiden tuoterakenteen hallinnan kehittämiseksi voidaan esittää kolmea tuoterakennesystematiikkaa. Tuoterakenteen päätason tulisi olla enemmän leveä kuin syvä, koska asiakasmuunneltujen laitteiden luonne korostuu syvässä rakennepuussa. Tuoterakenteen erilaisille käyttäjäryhmille voisi luoda eri näkymiä suodattamalla. Tuoterakenteessa tulisi pyrkiä pienentämään osakokonaisuuksia, koska dokumen-

tointi vaikeutuu varaosakirjoissa osakokonaisuuksien suuruuden takia. (Majander 2011, s. 50)

Termillä sisällönhallinta tarkoitetaan pienien itsenäisten dokumentaatiopalojen hallintaa. Dokumenttien hallintajärjestelmällä hallitaan kokonaisia dokumentteja, kun taas sisällönhallinnalla luodaan kokonaisia dokumentteja, jotka koostuvat pienistä osista (Alanko 2008, s. 11). Sisällönhallinnan käyttötarkoitus on teknisen dokumentoinnin kerääminen, hallinta ja julkaiseminen (Tainio 2013, s. 8). Käytännössä tekstit, kuvat ja taulukot luodaan editointiohjelmalla xml-tiedostoiksi. Xml-tiedostot ovat tiedonvälitysformaatti järjestelmien välillä. Xml-tiedostot yhteen keräämällä saadaan sisältö tuotua käyttökohteeseen, kuten varaosakirjaan. Sisällönhallinnassa voidaan säästää resursseja, kun käyttö- ja huolto-ohjekirjojen tuotetieto sijaitsee yhdessä paikassa yksilähteistä PLM-arkkitehtuuria hyödyntäen (Tainio 2013, s. 9).

Muutosten hallinnalla (Engineering change management, ECM) tarkoitetaan tuotteeseen kohdistuvan muutoksen läpikäymistä. Muutos voi olla nimikkeen uusi revisio tai koko tuotteeseen tehtävä muutos. Peltonen et al. (2002, s. 33–34) väittävät, että revisiomuutoksen hallinnassa tärkeää on säilyttää muutettavan nimikkeen uuden revision yhteensopivuus edellisten revisioiden kanssa. Uuden revision muoto, yhteensopivuus ja toiminto on oltava yhtäläinen vanhan revision kanssa. Peltonen et al. (2002, s. 73) määrittelevät koko tuotteen muutoksen siten, että se edellyttää useamman komponentin muuttamista. Tällöin tulee päivittää tuotteeseen liittyvää dokumentaatiota, kuten valmistuspiirustuksia, huolto-ohjeita ja varaosakirjaa. Yksi tuotemuutos aiheuttaa täten ketjureaktion, jossa toisiinsa liittyviä dokumentteja päivitetään vastaamaan muutosta.

ECM-prosessi käynnistyy, kun huomataan tuotteen vaativan muutosta. Asiasta tehdään muutospyyntö (Engineering change request, ECR), jossa kerrotaan muutosta vaativa kohde ja syyt muutostarpeelle. Syyn laajuus ja vaikuttavuus arvioidaan sekä määritellään, onko muutos teknisesti ja taloudellisesti mahdollista toteuttaa. Jos muutospyyntö hyväksytään, siitä laaditaan muutosilmoitus (Engineering change notice, ECN). ECN sisältää muutoksen seuraamisen mahdollistamiseksi ohjeet kaikille henkilöille, joita muutos koskee ja aikataulu muutoksen läpiviemiseksi. Pelkän suunnittelumuutoksen tekemisen lisäksi tulee ottaa huomioon varaston tilanne ja se, miten asiakkaille toimitettuihin tuotteisiin vaaditaan toimenpiteitä. (Peltonen et al. 2002, s. 74.)

2.7 Tuotteen konfigurointi ja massaräätälöidyt tuotteet

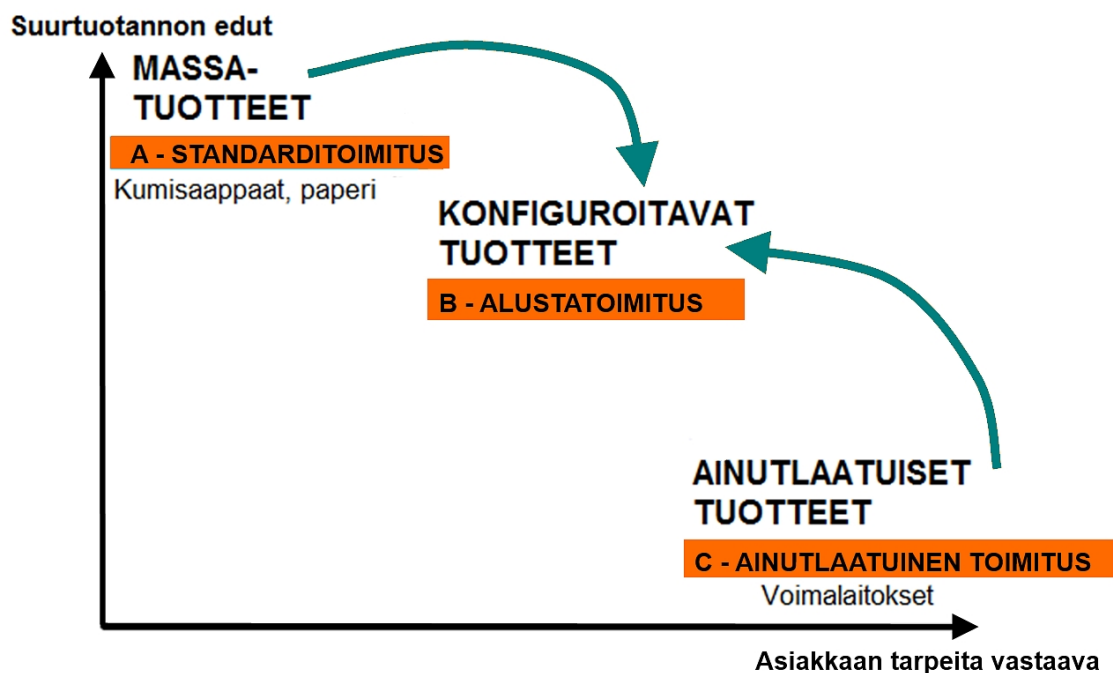
Tuotteiden konfigurointi ja massaräätälöityihin tuotteisiin siirtyminen on yritykselle strateginen päätös. Tarpeetonta räätälöintiä tulisi välttää ja samalla tulisi markkinoiden vaatimusten mukaan suunnitella niihin vastaavia tuotteita.

Peltonen et al. (2002, s. 79) kirjoittavat, että konfiguroitava tuote on asiakkaan vaatimusten perusteella tuotettu. Tuote on tilauskohtainen ja se muodostuu etukäteen suunnitelluista komponenteista. Konfiguroidun tuoteyksilön varioinnin tulisi olla järjestelmällistä.

Peltonen et al. (2002, s. 79) ovat määritelleet konfiguroidun tuotteen viidellä tapaa:

- Asiakaskohtaisten vaatimusten perusteella tuotettu yksilö.
- Asiakastarpeita vastaavaksi suunniteltu tuote.
- Valmiista komponenteista koottava tuoteyksilö.
- Kaikkien tuoteyksilöiden perustuminen samaan tuoterakenteeseen.
- Monimutkaisen ja epäjärjestelmällisen konfiguroinnin välttäminen.

Peltonen et al. (2002, s. 80) kirjoittavat, että tuotteen konfigurointi synnyttää massaräätälöityjä tuotteita. Konfiguraatiolla tarkoitetaan sellaista tuotetta, joka on jotain sarjatuotannon ja ainutlaatuisen tuotteen välillä. Konfiguroituun tuotteeseen voidaan siirtyä näistä molemmista ääripäistä. Kuva 2.7. havainnollistaa konfiguroidun tuotteen sijoitumista massatuotteen ja ainutlaatuisen tuotteen välillä.



Kuva 2.7. Erilaisten tuotteiden asettuminen tuotettujen tuotteiden määrän ja asiakasvaatimuksiin vastaamisen suhteen (mukaillen Juuti & Lehtonen 2006, s. 267).

Toimituksessa standardiosat ovat tuotteen elementtejä, jotka on suunniteltu etukäteen, jolloin suunnittelun resursseja ei enää tarvita varsinaisessa tilaus-toimitusprosessissa. Näiden elementtien suunnittelussa on otettu huomioon niiden käyttö useissa eri tuotteissa, jolloin voitaisiin puhua moduulien suunnittelusta. Ainutlaatuisien tuotteiden rakenteet voivat sisältää standardiosia, mutta niiden rakenne koostuu yleensä spesifisesti suunnitelluista tuotteista, joita ei voi käyttää muissa tuotteissa. Konfiguroitu tuote on osittain yhdistelmä standardiosia, konfiguroituja osia ja ainutlaatuisia osia. Konfiguroitu tuote saadaan eri tiloihin muunneltavaksi käyttämällä esimerkiksi parametrisoituja rajapintoja. (Juuti & Lehtonen 2006, s. 269.)

Haanpään (2007, s. 11) mukaan konfiguroitavalla tuotteella on eri elinkaarivaiheissa kolme rakenneilmentymää. Ensimmäinen kategoria on geneerinen tuoterakenne tai konfigurointimalli (Peltonen et al. 2002, s. 81). Geneerinen rakenne sisältää kaikki tuotteeseen liittyvät valinnaiset komponentit. Toinen kategoria eli tuotekonfiguraatio on dynaaminen konfiguraatio, jossa osa komponenteista suodatetaan piiloon näkymän tarkastelua varten. Tästä saadaan yksikäsitteisiä varianttirakenteita, jotka ovat syntyneet konfiguraatioprosessin aikana. Kolmas kategoria on konfiguraatiosäännösten avulla rakennettu toimiva tuote, jolloin on valittu rakenteesta ne komponentit, jotka asiakkaan tilaamaan tuotteeseen halutaan. Tällöin geneerisestä rakenteesta valituilla komponenteilla syntyy yksilörakenne ja sille luodaan uniikki sarjanumero. Tämä on elinkaaren hallinnan kannalta oleellisin rakenneilmentymä.

Peltonen et al. (2002, s. 69) ovat jakaneet tuoterakenteiden kohdetuotteet kolmeen ryhmään: tuoteperheeseen, kiinteisiin tuotteisiin ja tuoteyksilöihin. Tuoteperheen tuote voidaan valmistaa vasta, kun sen geneerisestä rakenteesta on määritetty kaikki tuotevariantit. Kiinteä tuote on jo itsessään tuotevariantti, mutta myös valmistettavuudeltaan riittävän tarkasti kuvattu. Tuoteyksilön rakenne voidaan tehdä huolto- tai palveluliiketoiminnan vaatimuksien perusteella ja se sisältää yleensä aina sarjanumerotiedon.

Majander (2011, s. 69) on työssään tutkinut konfiguroitujen tuotteiden tuoterakennetta ja todennut suunnittelun tarkan ohjeistamisen luovan perustan konfiguroitavan tuotteen valmistamiselle. Suunnittelun tarkka ohjeistaminen on jaoteltu tällöin kolmeen kategoriaan: nimikkeiden perustamiseen, muutoshallintaan ja mallintamiskäytäntöön. Yhtenä konfiguroitujen tuotteiden kehityskohteena Majander (2011, s. 72) pitää tuotepoliittisia päätöksiä. Tuoterakenteiden varioituvuus on hyväksyttävää, jos tuotepoliittika hyväksyy sen.

2.8 Teknisten ratkaisujen sovitus

Uusien teknisten ratkaisujen ei tulisi vaikeuttaa työn tekemistä eikä monimutkaistaa prosesseja. Globaalin toiminnan kasvu tuo mukanaan uusia haasteita, joihin ei voi välttämättä hakea ratkaisua paikallisista toimintatavoista.

Haanpään (2010, s. 96) mukaan suunnittelujärjestelmien liiketoiminnallisia hyötyjä voidaan saavuttaa kehittämällä tuoteprosesseja ja tiedonhallintaa. Pitkällä aikavälillä tuotteiden suunnittelukustannukset madaltuisivat ja tuotteiden laatu paranisi, jos olemassa olevia teknisiä ratkaisuja käytettäisiin hallintakokonaisuuksien avulla. Tuotteen elinkaaren hallintaa tarkasteltaessa tulee organisaatiossa huomioida tuotetiedon hyödyntäminen useammassa liiketoiminnan osissa.

Sääksvuori & Immonen (2008, s. 24) toteavat PLM-järjestelmien käyttöönottamiselle olevan erilaisia syitä eri yrityksille. Syyt riippuvat käyttäjien tarpeista, valmistettavista tuotteista ja yrityksen eri osastoista. Tuotteen elinkaaren hallinta vaatii suuren määrän tietoaainestoa, jonka määrä kasvaa ajan myötä lisää. Tästä syystä yhä useampi yritys ottaa PLM-järjestelmiä käyttöönsä ja samalla PLM-järjestelmiä kehitetään enemmän. Koska asiakkaat vaativat ostamiltaan tuotteilta kehittyneempiä ominaisuuksia.

sia, vaaditaan myös tuotteiden monimutkaisemmilta valmistusprosesseilta enemmän. Monimutkaisen valmistusprosessin riskinä on laadun heikkeneminen, jolta voidaan välttyä, jos tuotteen suunnittelussa käytetty tietoaaineisto on tehokkaasti ja luotettavasti hallittu, dokumentoitu ja hyödynnetty.

2.8.1 Tuotestrategia

Jotta voidaan määritellä termi tuotestrategia, täytyy ensin määritellä itse tuote. Yleensä tuote käsitetään jonakin fyysisenä tuotteena. Tuotteen määritelmää tässä työssä paremmin kuvaa Sääksvuoren ja Immosen (2008, s. 1) määritelmä, joiden mukaan tuote voi tarkoittaa kolmea asiaa. Se voi olla käsin kosketeltava fyysinen tuote, palvelu tai aineeton tuote kuten ohjelmisto.

Michael Porter (1980) on luonut hyvin yleisen määritelmän strategisella tasolla tehtävään kilpailuun, jota voidaan pitää perustana tuotestrategialle. Porterin malli vaikuttaa suoraan tuotteen kehittämiseen. Porterin esittämät kilpailustrategiset suuntaukset ovat hinta ja erilaistuminen.

Sääksvuori ja Immonen (2008, s. 211-212) esittävät neljä peruselementtiä mihin yritys voi perustaa tuotestrategiansa. Perustamalla strategian jollekin näistä seuraavista neljästä vaihtoehdosta, yritys luo perustan tuotteen elinkaaren hallinnalle ja sitä kautta myös tuotestrategialleen.

1. Olemalla hintajohtaja: suuri volyymi, matalat hinnat, kapea tuoteportfolio.
2. Olemalla teknologiajohtaja: kehittyneimmät tuotteet parhaalla mahdollisella teknologialla ja korkealla hinnalla.
3. Olemalla toiminnallinen johtaja: mahdollisuus tuoda tuotteita markkinoille nopeammin kuin kilpailijat.
4. Olemalla palvelujohtaja: tarjoaa asiakkaille parasta ja arvostetuinta palvelua.

Sääksvuori & Immonen (2008, s. 208) ovat sitä mieltä, että yrityksen strategian ja tuoteportfolion yhteistoiminta sekä yrityksen nopeus ja notkeus mukautua markkinoiden muutoksiin tuo menestystä. Näiden yhteistoiminnan takaajaksi he ehdottavat PLM:n konsepteja ja PLM:n IT-järjestelmiä. Kirjassaan Sääksvuori & Immonen (2008, s. 215) mainitsevat monia kehitysmahdollisuuksia PLM:n hyödyntämiselle uuden tuotteen markkinoille tuomisessa. PLM parantaa yrityksen sisäistä informaatiovirtaa sekä informaationvaihtoa eri järjestelmien ja niiden myötä eri toimijoiden parissa. Lisäksi tiedon laatu paranee manuaalisen tiedonsiirron vähennettyä.

2.8.2 Organisaation toimintatavat

”Parhaimmatkin prosessit, käytännöt tai teknologia voidaan hylätä, jos ihmiset eivät ole motivoituneita käyttämään niitä. Toisaalta jos ihmiset ovat motivoituneita, he saavat jopa heikotkin prosessit, käytännöt ja teknologian toimimaan, tosin tällöin voidaan odottaa melkoisesti improvisointia.” (Grieves 2006, s. 133.)

PLM projektit muuttavat organisaation toimintatapoja kattavasti. PLM:n käyttöönoton myötä organisaatiossa muuttuu ajattelutavan lisäksi työtavat, tiedon- ja ammattitaidon jakaminen. Eniten PLM projektissa hyötyvät organisaatiot rakentuvat asiantuntijatiimeistä. Asiantuntijoista koostuvissa tiimeissä johtaminen on operatiivista asioiden johtamista ja ihmisten johtaminen on toissijaista. Sellainen organisaatio, jonka toimintatavat ovat management-lähtöisiä eivätkä leadership-lähtöisiä voivat saavuttaa PLM projektin mukana tuomat muutoksen edut. Ihmisten motivointi ja omistautuminen PLM muutoshallintaan ovat avainasemassa, jotta organisaatio saavuttaisi paremman innovatiivisen työverkoston. (Sääksvuori & Immonen 2008. s. 85–89.)

Westkämper (2007, s. 2) on maininnut EU:n esittämiä vaatimuksia tulevaisuuden tuotannon kehittämiseksi. Tulevaisuuden haasteeksi on mainittuna uusien teknologioiden sekä tuotannon struktuurin mukautuminen. Tuotantoteknologian johdosta on sanottu, että sen pitäisi tukea innovatiivisia tuotteita ja niiden alustoja. Yritysten välisestä kilpailusta Westkämper (2007, s. 5) väittää, että nopea aktivoituminen potentiaalisissa tuotantoteknologioissa antaa kilpailuedun muihin tuotantoyrityksiin nähden. Yksi potentiaalinen tuotantoteknologia on korkean suorituskyvyn tekniset prosessit, joilla voidaan parantaa aikaa, täsmällisyyttä ja kustannuksia.

Kohdeyrityksen strategiaan soveltuvista menetelmistä esitellään tässä työssä kolme: Time to market, Design for Cost sekä Lean.

Time to market

Tuotekehityksen nopeutta kuvataan termillä time-to-market. Se on aikaväli siitä hetkestä kun suunnittelu voisi aloittaa uuden tuotteen suunnittelun siihen kun valmis tuote on asiakkaan saatavilla. Lähestymistapa tähän nopeaan tuotteen suunnitteluun on johdon kannalta usein epärealistinen tai nopean suunnittelun päämäärät ovat vääristyneitä. Nopea kehitys ei ole aina haluttua. Nopea vauhti heijastuu suunnittelun laatuun ja sitä kautta vaikuttaa tuotteen hintaan ja ominaisuuksiin. Erillisinä ilmiöinä seuraa loppuun palamista ja organisaatiomuutoksia. Riskejä nopeasta vauhdista seuraa tietyille osa-alueille. (Kahn 2005, s. 173–174.)

Jos näitä heikkouksia ei olisi tunnistettu, suunnittelu hyödyntäisi time-to-market tekniikoita ja menetelmää yleisemmin. Yleisin vaihtokauppa joka täytyy tehdä nopean tuotekehitysmenetelmän käyttöönotossa, on uuden tuotteen time-to-market kiertoajan ja kehityksen hinnan välillä. Näin ollen nopeampi time-to-market ei aina tuota säästöjä. Yrityksen kannalta edullisinta on kuitenkin olla nopeampi kuin kilpailija tuotteen suunnittelussa ja sitä kautta yritys pystyy olemaan parempi myös muilla osa-alueilla. (Kahn 2005, s. 173–174.)

Sääksjärvi & Immonen (2008, s. 215) ovat havainneet kehityskohteita, joissa PLM:n käyttöönotto hyödyttäisi Time to Market-liiketoimintaa. Potentiaalista kehitystä voi tapahtua viidessä eri osa-alueessa:

- Yhteistyön lisääntyminen yrityksen sisäisessä kanssakäymisessä.
- Tiedonsiirron standardoituminen ja niiden käytön lisääminen.
- Tiedon liikkuminen nopeutuu ja tiedon hallinta paranee sen keskittämistä lisäämällä.
- Eri järjestelmien välisen tiedon käytettävyys paranee ja henkilöstöryhmien välinen tiedonkulku kehittyy.
- Tiedon laatu paranee, kun virheet vähentyvät manuaalisen työn vähentyessä sekä tiedon harmonisuuden lisääntyessä.

Design for cost

Design for cost (DFC) on yksi Design for X (DFX) osa-alueista. Joskus termistä käytetään myös muotoa Design to cost. DFC:ssä painotetaan suunnitteluun käytettyä hintaa, kehittämien menetelmiä suunnittelun kustannustehokkuuteen. DFC-työkaluilla analysoidaan operatiivisen toiminnan ja ylläpidon kustannuksia tavallisten materiaalikustannusten lisäksi. DFC-menetelmällä asiakas saa tuotteelle sen elinkaaren hinnan, joka sisältää tuotanto-, käyttö-, huolto- ja kierrätyskustannukset. DFC-menetelmillä voidaan analysoida tuotteen elinkaaren hintaa ja parantaa siten niiden kannattavuutta. DFC-lähtöisellä suunnittelulla suunnittelija pystyy viemään tuotettaan kustannustehokkaampaan suuntaan, kun suunnittelija tunnistaa koko elinkaaren hinnan. DFC on yksi rinnakkaissuunnittelua (eng. Concurrent engineering, CE) tukevista työkaluista. Rinnakkaissuunnittelu on periaate, jossa kehitetään eri suunnitteluprosesseja koko kehitysprosessin sisällä ja tällä tavoin saavutetaan parempia tuotteita. (Xiaochuan et al. 2004, s. 1-2.)

Lean Thinking

Lean-ajattelutapa on Toyotan kehittämä valmistusfilosofia. Lean ajattelutavalla korostetaan kaiken turhan ja epäolennaisen poistamista valmistusprosessista. Turhaksi voidaan luokitella kaikki toiminnot, jotka eivät tuota lisäarvoa asiakkaalle tai joista asiakas ei ole valmis maksamaan. Turhaksi asiaksi on määritelty seitsemän eri tyyppiä: ylituotanto, ylikäsittely, liike, odotus, kuljetukset, varastot ja viat. Yritys voi kääntää nämä seitsemän tyyppiä hyödykseen tekemällä seuraavia asioita vähemmän: lattia-alaa, käyttäjien yrittämistä, kalustoa/inventaaria, suoraa työtä, epäsuoraa työtä, läpimenoaikaa ja työkaluita. (Womack & Jones 1996.)

2.9 Yhteenveto teoriasta

Tuotteen elinkaaren vaiheilla on omat tekijänsä ja erilaiset teknologiat työn tekemiselle. Jokaisen vaiheen ymmärtäminen vaatii tuotteen kuvaamista tuoterakenteella siten, että elinkaaren vaiheelle on siitä hyötyä. Yhden elinkaaren tulisi toimia yhteistyössä muiden vaiheiden kanssa vakaamman ja luotettavamman toiminnan takaamiseksi.

Tuotannon tarve digitalisoitua tuo uusia vaatimuksia järjestelmille. Tuotantoon käytetyn ajan, kustannusten ja olennaisen työn korostaminen vie tuotantoa siihen suuntaan, jolloin tieto tulee saada liikkumaan nopeammin. Järjestelmän integraatiot ovat tiedonhallinnan kannalta tärkeitä ja niillä voidaan nopeuttaa tiedonkulkua. Tuotannon digitalisointi toisi mahdollisuuksia vakioituun tuotannonohjausjärjestelmään ja tuotannosta kerättävän tiedon lisäämiseen.

Eri osa-alueet liiketoiminnassa näkevät tuotteen eri tavalla. Tätä tarvetta varten voidaan tuotteesta tehdä useita erillisiä tuoterakenteita. Rinnakkaisia tuoterakenteita käyttämällä voisi saada nopeutettua tuotemuutosten päivittämistä. PLM-järjestelmien sisäisten kokonaisuuksien tehokas hallinta säästää virheistä koituvia seurauksia. Muutoksen tekeminen aiheuttaa järjestelmissä ketjureaktion, jolloin tulisi huomioida tuoterakenteen- ja dokumenttien sisällönhallinta.

Tuotteiden ominaisuudet ja tuotteiden elinkaaren vaiheet määräävät niiden järjestelmien vaatimukset. Konfiguroitavat tuotteet vastaavat asiakkaiden tarpeisiin, mutta yhtä tärkeää olisi vastata tuotteen elinkaaren tarpeisiin PLM-järjestelmillä. Organisaation toimintatapojen ja tuotestrategian vastuulla on niiden sopeutuminen tuotteen elinkaaren vaiheisiin sekä käytössä oleviin tietojärjestelmiin.

3 LÄHTÖKOHDAT TAPAUSTUTKIMUKSILLE

Suomalaisen teknologiateollisuuden kivijalka on projektilähtöinen liiketoiminta, jossa maailmanlaajuisella tuotantoverkostolla tehdään tuotteita matalan volyymin tuotantoympäristössä. Tässä liiketoiminnassa on tärkeää tehokas ja toimintakykyinen tuotteen elinkaaren hallinta, jotta kasvu olisi mahdollista. Aiemmissa tutkimuksissa havaittuja ongelmakohtia on muun muassa järjestelmien integraatioissa, tiedon yhtenäisyydessä ja yhteistyön aikaan saamisessa. (Fimecc 2012, s. 12)

3.1 Kohdeyritys

Metso-konserni jakaantui vuoden 2013 lopussa kahdeksi erilliseksi yritykseksi ja siitä eriytettiin massa-, paperi- ja voimantuotanto -liiketoiminta uudeksi yhtiöksi nimeltään Valmet. Tällä mahdollistettiin Metson resurssien tehokkaampi keskittäminen kaivos-, maarakennus- sekä energia-, öljy- ja kaasuteollisuuden asiakkaiden palvelemiseen. Metsoissa on noin 16 000 työntekijää ja toimipisteitä on 50 maassa. Palveluliiketoiminta vastaa noin puolta koko Metson liikevaihdosta ja palveluliiketoiminnassa Metso on saavuttanut globaalissa markkina-asemassa ykkössijan. Metson strateginen tavoite on tuoda asiakkaille lisäarvoa tuotteilleen älykkyyden ja korkean teknologian kautta. (Metso vuosikertomus 2013, 2014.)

Teknologiatarjonnalla Metso pyrkii etulyöntiasemaan ja sen toteuttamiseksi Metso kehittää tarjontaansa kustannustehokkaammaksi sekä liittää älykkäitä sovelluksia laitteisiin, palveluihin ja prosesseihin. Yritys on parantanut tuntuvasti vastuullisuuttaan henkilöstön turvallisuudessa. Yrityksen tapaturmataajuus (Lost Time Injury Frequency, LTIF) laski edellisvuodesta 2012 30 % ja oli vuonna 2013 4,2. Tapaturmataajuudella viitataan vähintään yhden työpäivän poissaoloon johtaneisiin työtapaturmiin miljoonaa työtuntia kohden. Seuraavassa kuvassa 3.1. esitellään kaksi Tampereella valmistettavaa tuotetta. (Metso vuosikertomus 2013, 2014.)



Kuva 3.1. Uusi tela-alustainen kartiomurskaimen ja seulan yhdistelmä LT220D yhdessä LT106 tela-alustaisen leukamurskaimen kanssa pystyy valmistamaan jopa kolmea kalibroitua kivimurske-lopputuotetta.

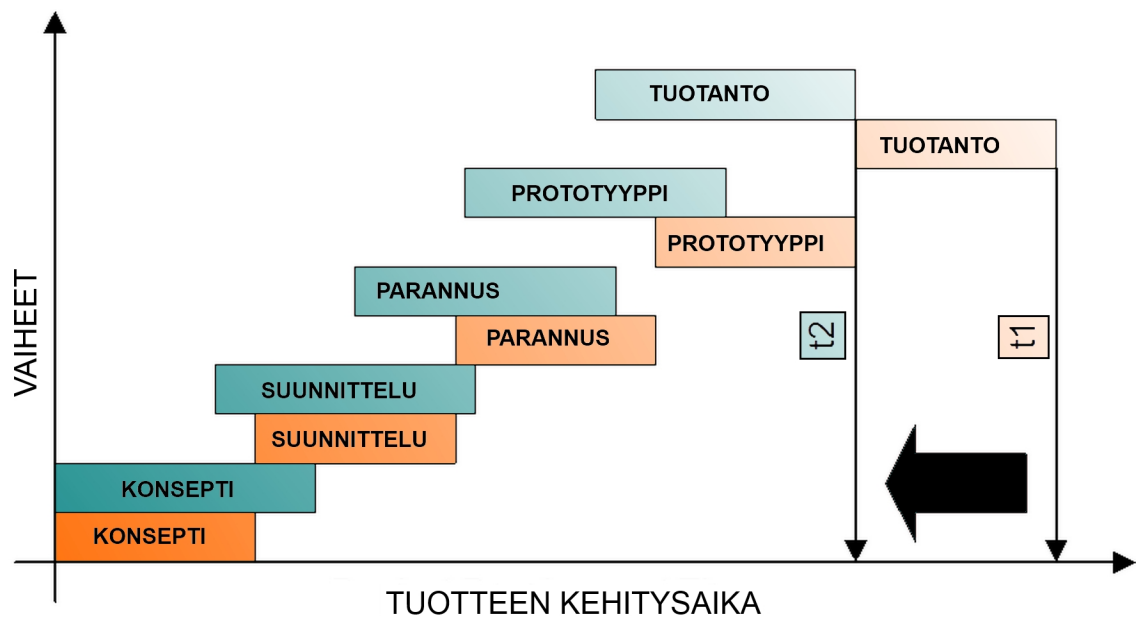
Metso Mining and Constructionin Tampereen tehdas Lokomonkadulla kuuluu maa-rakennussegmenttiin, jonka tilauskanta on 22 % koko Metsoon kohdistuneista asiakastilauksista. Lokomonkadulla rakennettavat murskaus- ja seulontalaitteiden liikevaihto vuonna 2013 oli 437 miljoonaa euroa. Maarakennuslaitteiden toimintamalli keskittyy tuotteiden valmistuksessa loppukokoonpanoon sekä vara- ja kulutusosien valmistamiseen pääosin omissa tehtaissa. (Metso vuosikertomus 2013, 2014.)

Murskaus- ja seulontalaitteet suunnitellaan luvussa 2.7 esitetyn konfiguroinnin teorioiden mukaisesti. Tällöin tuotteen rakenteessa on lukuisia optioita ja variantteja, joista asiakas pystyy valitsemaan tarpeidensa mukaan tarvittavat tuotekokonaisuudet. Esimerkiksi purkutyömaalla murskattavan materiaalin seassa on metalleja, joita erotellaan magneetin avulla. Kaikissa tarjottavissa tuotteissa ei tarvita magneettia, mutta erilaisten asiakastarpeiden takia sitä on tarjolla tuotevalikoimassa. Kun myytävät tuotteet poikkeavat tuoterakenteeltaan toisistaan, on materiaalin ohjauksen oltava tuotannossa täsmällistä. Tarjottavien optiotuotteiden myötä varaston koko kasvaa.

Metson liikevaihdesta puolet on palveluliiketoiminnasta. Palvelut kattavat kaiken vara- ja kulutusosien myynnistä prosessien kokonaisvaltaiseen optimointiin. Metsolla on yli 70 huoltokeskusta ympäri maailmaa ja 10 alueellista jakelukeskusta. Näiden tehtävänä on vahvistaa yrityksen läsnäoloa lähellä asiakasta sekä nopeuttaa osien toimitusta.

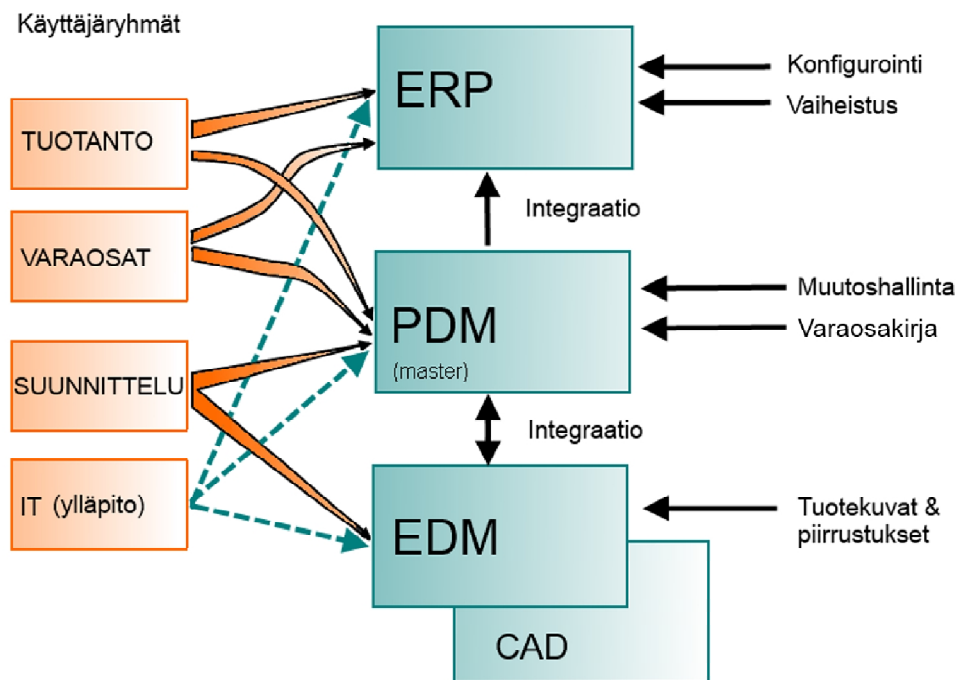
3.2 Tuotteen elinkaaren hallinta kohdeyrityksessä

Kohdeyritys hyödyntää tuotteen elinkaaren hallinnassa ainoastaan suunnittelurakennetta. Teoriaosuudesta voidaan johtaa tulos, jonka mukaan tuotteen elinkaaren hallinnassa voitaisiin ottaa paremmin huomioon eri sidosryhmien, kuten tuotannon ja palveluliiketoiminnan tarpeet. Jos tuotteella olisi useampi rinnakkainen tuoterakenne tai -tuotenäkymä, suunnittelun ei tarvitsisi tehdä tuoterakenteessa kompromissia ja kohdeyrityksen PLM toimisi enemmän rinnakkaissuunnittelun periaatteiden mukaisesti. Rinnakkaissuunnittelun tavoitteet muistuttavat massaräätälöinnillä saavutettavia tavoitteita, joten suunnittelu voi yhdistää rinnakkaisrakenteilla voimavaroja muiden yrityksen organisaatioiden kanssa. Seuraava kuva 3.2. havainnollistaa tilaa, johon kohdeyrityksessä pyritään rinnakkaisten tuotenäkymien hyödyntämisellä.



Kuva 3.2. Tuotteen Time-to-market vähenee rinnakkaisella suunnittelulla (mukaiillen Voskuil 2014).

Perusidea tämän takana on tiedon jakamisen parantamisella, jolloin rinnakkaista toimintaa eri sidosryhmien välillä voitaisiin toteuttaa. Jos tieto on paremmin saatavilla, voidaan seuraavaa vaihetta jo aloittaa, kun edellinen vaihe viimeistelee omia töitään. Tämä parantaa ainakin teoriassa tuotteiden virheettömyyttä, tuotannon ohjattavuutta, dokumentoinnin ajankohtaisuutta. Kohdeyrityksen tapauksessa parannusvaiheessa tehdään tuotteelle muutospyyntöjä tuotannon toimesta samanaikaisesti prototyyppiä valmistettaessa. Kuvasta 3.3. nähdään esimerkki kohdeyrityksen PLM:ään integroiduista järjestelmistä, joista keskellä oleva PDM-järjestelmä on luvussa 2.3 mainittu master-järjestelmä.



Kuva 3.3. Kohdeyrityksen PLM-arkkitehtuurin havainnollistaminen.

Kohdeyrityksen globaalissa PLM-arkkitehtuurissa on todellisuudessa useampi EDM-järjestelmä. Kuvassa esitettynä on vain yksi, koska tuotantolokaatioissa on yleensä käytössä vain yksi EDM-järjestelmä. Lisäksi joissain tuotantolokaatioissa voidaan ERP-järjestelmää käyttää EDM-järjestelmän tavoin.

Luvussa 3.3.1 esitetyjä tuotantolokaatioiden eroja sanotaan yhdeksi tiedonhallinnan kulmakiveksi tuotetiedon harmonisoinnin kannalta. Tällöin eri EDM-järjestelmissä tuotetieto tulisi olla harmonisoitu vastaamaan master-järjestelmän tuotetietoa. Tuotetieto harmonisoidaan myös ERP-järjestelmään master-järjestelmästä. Taulukko 3.1. listaa kohdeyrityksen järjestelmät, niiden työn ja tehtävät.

Taulukko 3.1. Kohdeyrityksen PLM-tietojärjestelmien tehtävät.

Järjestelmä	Työ	Tehtävä
SAP	ERP	Materiaalin ohjaus ja -seuranta, tuotantoprosessien hallinta, tuotteen konfigurointi, hankinta ja laskutus (osto ja myynti)
Teamcenter	EDM	Maailmanlaajuisen suunnittelutiedon hallinta, jakaminen ja turvaaminen (nimiketieto, tuoterakennetieto ja dokumenttietieto)
NX	CAD	Nimikkeiden luonti ja hallinta, 3d-piirustukset, polttoreitit, JT-mallit
Vault	EDM	CAD-tiedonhallinta, nimikesäilö
Inventor	CAD	Nimikkeiden luonti, 3d-piirustukset, parametrinen ostokomponenttikirjasto
Aton	PDM	Master-järjestelmä, tuoteyksilön rakennetieto, suunnittelumuutos-tiedotteet, tuotetiedon säilytys, BOM:t, tuotedokumenttien säilytys, nimikkeiden haku

Tämän työn viitekehyksessä lasketaan olevan kuusi kohdeyrityksen PLM-järjestelmää. Näiden järjestelmien lisäksi taulukon 3.1. järjestelmistä puuttuu esimerkiksi osittain muihin järjestelmiin integroitu Microsoft Office Excel ja Windows-verkkolevyt. Excelin käyttöä ei voi välttää, sillä PLM-järjestelmistä viedään tietoa Windows-käyttöliittymän verkkolevyille esimerkiksi tiedon analysointia ja kuvaajien tekemistä varten.

3.3 Tuotannon nykytila

Kohdeyrityksen tuotteet suunnitellaan yhteistyössä suunnittelun, myynnin, tuotannon ja tuotehallinnan kanssa asiakasvaatimusten täyttämiseksi. Tuotannon asiantuntemusta käytetään tuotteen suunnittelussa, kun tarvitaan tietoa tuotteen kokoonpantavuudessa, työturvallisuuteen ja nostoihin liittyvissä asioissa sekä kokoonpanoa tukevilla työohjeilla.

Lokomonkadun suurin tuotantovolyyymi perustuu linjakokoonpanoon, jossa etuina on lyhyempi läpimenoaika, alhainen sidottu pääoma, laadun parantaminen ja virtaavampi tuotanto. Linjalla koottaviin tuotteisiin alihankkijat toimittavat muun muassa runkorakenteen ja sivukuljettimia. Lokomonkadun tuotannossa logistiikalla ja sen varmalla toiminnalla on tärkeä rooli, jotta tuotanto ei seiso osapuutteiden toimittamiongelmien takia.

Tuotannonsuunnittelu tehdään kohdeyrityksessä ERP-järjestelmässä. Kun valmis suunniteltu tuote tuodaan PDM-järjestelmässä hyväksytyyn tilaan, voidaan tämä geneerinen BOM tuoda ERP-järjestelmään globaaliksi maksirakenteeksi. Siellä luodaan tuoterakenteelle luvun 2.7 teorian mukaan konfigurointisäännöt.

ERP-järjestelmässä voidaan tehdä tuotantolokaatiokohtaiset BOM:it, jotka eroavat PDM-järjestelmään tuodusta EBOM:sta. Nämä tuotantolokaatiokohtaiset BOM:it kuvaavat tuoterakennetta, jonka avulla tuote on mahdollista koota. ERP-järjestelmässä tälle geneeriselle BOM:lle saadaan konfiguraatiosääntöjen mukaan tehtyä tilauskohtainen BOM.

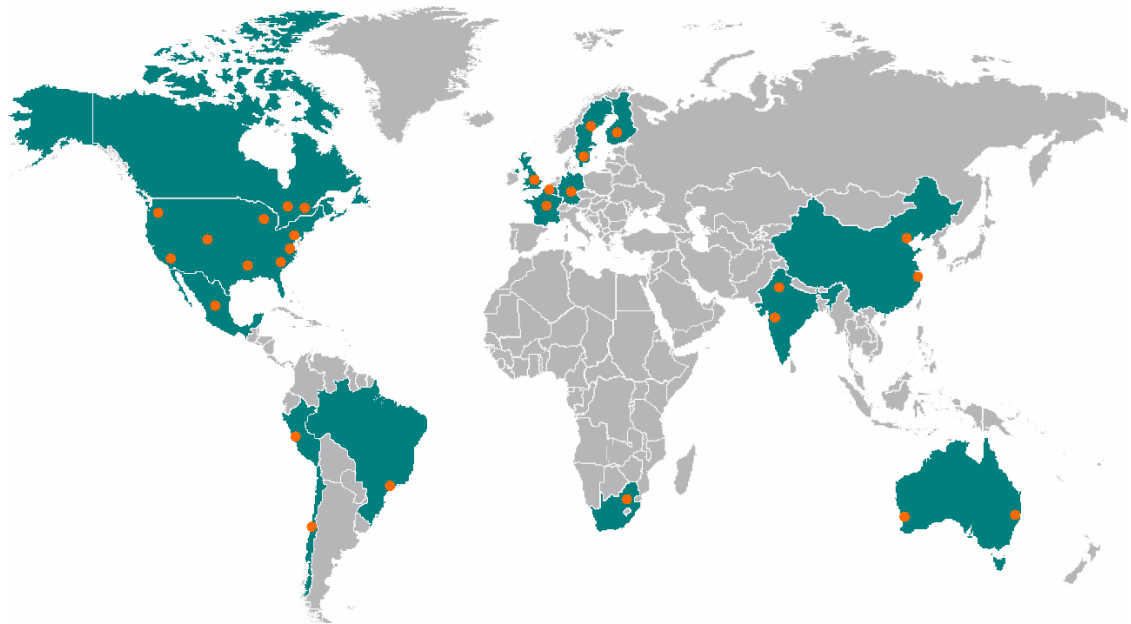
Tilauskohtaiselle BOM:lle tehdään vaiheistus (eng. Routing) ERP-järjestelmässä, joka kuvaa niitä työvaiheita ja työasemia, joita tarvitaan tuotteen valmistamiseksi. Kaikki mahdolliset työvaiheet sisältävää vaiheistusta kutsutaan *super routingiksi*. Tilauskohtainen vaiheistus syntyy super routingista tuotteelle tehtyjen konfigurointisääntöjen ja eri vaiheille asetettujen sääntöjen mukaan. Tuotteen työvaiheille allokoidaan nimikkeitä ja materiaalia sen mukaan, missä vaiheessa nimikkeet asennetaan tuotteeseen.

Vaiheistuksen ja konfigurointisääntöjen ollessa valmiina tuotetilaukselle, voidaan tuotannossa aloittaa tarvittavat ostotoimenpiteet, materiaalien poiminnot ja tuotteen valmistus. Tuotannon tilannetta tarkastellaan ERP-järjestelmässä vaiheiden mukaan, jolloin nähdään koska mikäkin vaihe on aloitettu ja koska lopetettu. Kun kaikki vaiheistukset on suoritettu loppuun, tulisi tuotteen olla valmis. Tuote on tällöin testikäytetty ja pakattu valmiina asiakkaalle.

3.3.1 Tuotantolokaatioiden väliset erot

Kohdeyrityksen tuotantolokaatioilla on PLM-järjestelmiin vaikuttavia eroavaisuuksia. Tuotantolokaatioiden tuotestrategia jakautuu kahteen osaan: projektitoimitustuotteisiin ja massaräätälöityihin tuotteisiin. Tällöin tuotantolokaatioissa olevat tuotteet valmistetaan eri tavalla eri lähtökohdista. Tuotteen elinkaaren hallinta on projektitoimitustuotteissa ERP-järjestelmälähtöistä ja massaräätälöidyissä tuotteissa PDM- tai EDM-järjestelmälähtöistä. Tämän myötä tuotantolokaatioissa on eri suunnittelujärjestelmiä. Lokaatiot ovat jaettu Autodeskin ja Siemensin ohjelmistotuotteita käyttäviin organisaatioihin. Jaottelu perustuu eri lokaatioiden suunnittelutiedon historiaan ja ulkopuolisten konsulttiyritysten tekemiin raportteihin suunnittelun tarpeista. Kahden suunnittelujärjestelmän käyttäminen globaalisti vaatii enemmän tuotetiedon harmonisoimista, kun tiedon täytyy olla ajankohtaista kahdessa eri suunnittelujärjestelmässä kuin myös ERP-järjestelmässä.

Haanpää (2010, s. 85) toteaa kokoonpanotyön erilaisten vaiheistuksien johtuvan tuotantoautomaation tasosta, kokoonpanotehtaan layoutsuunnittelusta, alihankinnan määrästä sekä paikallisen ostotoiminnan järjestelyistä. Tuotteiden dokumentointi, tuoterakenteen syvyys, järjestelmien vaatimukset, tuotteen elinkaaren hallinta ovat erilaisia eri tuotteissa. Tämän ratkaisemiseksi Haanpää (2010, s. 85) mainitsee alkuperäisen tuoterakenteen monistamista ennen kuin se voidaan alueellistaa tietyille tuotantoyksiköille soveltuvaksi. Kuvassa 3.4. näytetään kaivos- ja maarakennusliiketoiminnan tuotantolokaatioita.



Kuva 3.4. Kohdeyrityksen lisäksi maarakennustuotteiden valmistukselle keskeiset tuotantoyksiköt ovat Sorocaba (Brasilia), Mâcon (Ranska), Tianjin (Kiina), Columbia (Yhdysvallat) ja Bawal (Intia). (mukaillen Ainasvuori 2014, Metso Tampere yrityseshittely).

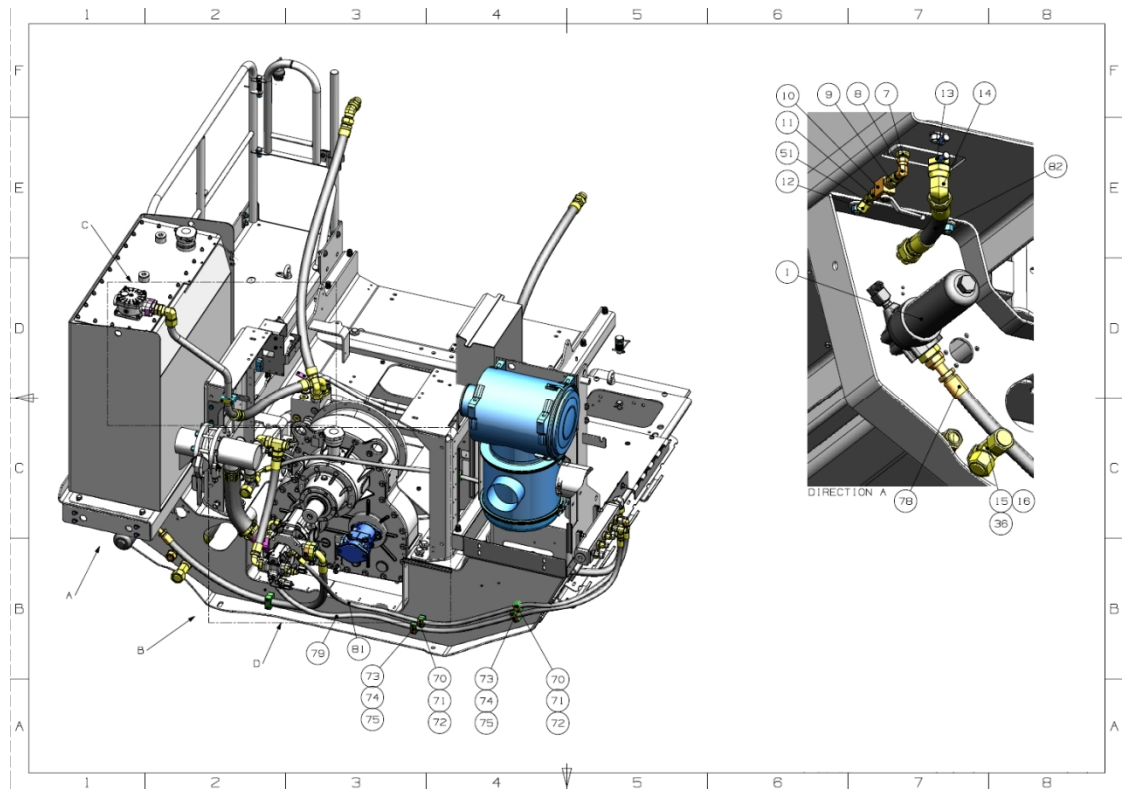
Kuvan 3.4. tärkein sisältö on havainnollistaa todellisen globaalin tuotannon hajautuneisuutta. Johtamistavat, kulttuurierot ja resurssit ovat erilaisia jokaisessa tuotantolokaatiossa. Suunnittelujärjestelmien ja tuotannonohjausjärjestelmien tulisi sopeutua käytötarkoitukseen jokaisessa lokaatiossa. Järjestelmien kehittämisen ja ylläpidon kannalta hankalia lokaatiota ovat ne, joissa on sekä Autodeskin kuin Siemensin suunnittelujärjestelmiä. Rinnakkaisrakenteiden käyttäminen tällaisissa lokaatioissa vaatii enemmän integroimista järjestelmien välillä. Eri lokaatioiden läpinäkyvyydestä kohdeyrityksen organisaatiossa kuvaa se, että on hankalaa tietää tehdäänkö Brasiliassa, Intiassa tai Yhdysvalloissa tuotekehitystä rinnakkaisista rakenteista vai ei.

Yksi tuotannon tarve on saada eri lokaatioiden kokoonpanoprosessit toimimaan standardoidusti maailmanlaajuisessa tuotannossa. Vaihtelevat kokoonpanoprosessit ja alueittain hajautettu osto aiheuttaa tuotantorakenteiden hallintaan omat ongelmakohtansa; Tuotteiden valmistus ja niiden tuotantorakenne vaihtelee sen mukaan millaiset alueelliset standardit ja raaka-aineiden saatavuus ovat. Eri lokaatioiden tuotantorakenteiden välisten tietojärjestelmien välillä ei ole riittävää synergiaa. Uusilla hallintakokonaisuuksilla voitaisiin saavuttaa joustavuutta ostotoiminnalle, alihankinnalle ja logistiikalle. (Haanpää 2010, s. 85.)

3.3.2 Tuotanto-ohjeiden dokumentointi

Tuotanto saavuttaisi hyötyjä MBOM:sta silloin, kun MBOM noudattaisi kokoonpanovaiheista järjestystä ja päivittyisi hallitusti suunnittelumuutosten mukana. Tämä on tullut esille useissa työn aikana käydyissä keskusteluissa eri sidosryhmien kanssa. Se kuinka tuotannon saavuttamat hyödyt MBOM:sta voidaan tuoda esille, on esimerkiksi tuotannonohjausta parantavat työohjeet.

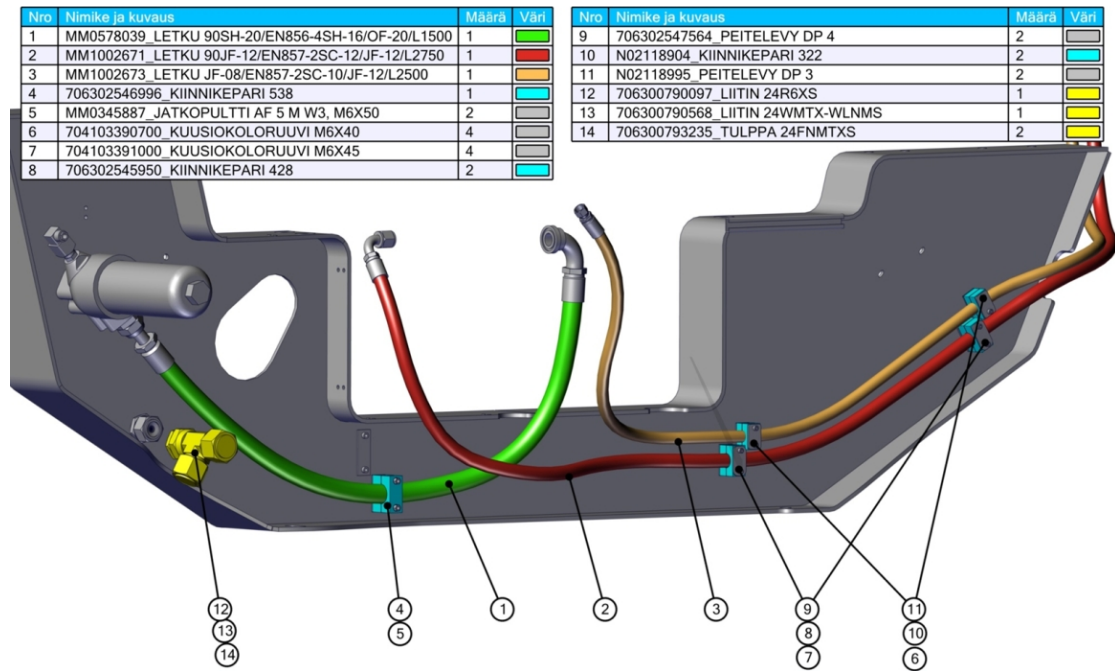
Kokoonpanovaiheisiin luotuihin dokumentteihin ja asennusohjeisiin tulisi päivittyä tiedot suunnittelumuutosten mukana. Tuotannon vaiheistuksen rakenne sisältää usein osia eri suunnittelukokoonpanoista. Tähän asennusvaiheeseen tehty ohje koostuu suunnittelun tekemistä tuotepiirustuksista, Composer-ohjelmalla tehdyistä 3d-piirustuksista sekä tuotannossa otetuista valokuvista. Ohje toimitetaan asennuspaikalle paperisena kansiossa. Suunnittelun tekemä muutos yhteen asennusvaiheessa olevista kokoonpanoista tarkoittaa, että tuotannon insinööri päivittää kaikki asennusohjeet ja asennuskuvat, joissa muutettu kokoonpano on. Seuraavissa kuvissa 3.5. ja 3.6. vertaillaan suunnittelun tekemää tuotekuvaa ja tuotannon asennusvaiheen mukaan tehtyä tuotekuvaa.



Kuva 3.5. Suunnittelun tekemä tuotantopiirustus (mukaiillen Mikkonen 2013).

Suunnittelu tekee kokoonpanoista ja yksittäisistä nimikkeistä tuotantopiirustuksen, joka palvelee tuotannon tarpeita. Tuotantopiirustukset auttavat mitoittamaan kappaleen ja kuva on yksiselitteinen, jolloin sitä ei voida tulkita väärin. Piirustusta käytetään 3D-mallin tukena, ikään kuin paperisena 3D-mallina. Suunnittelun tuotantopiirustukset nimikkeille ja kokoonpanoille käyvät suoraan tuotantoon silloin, kun tuotteen asennusvaihe vastaa suoraan EBOM:n kokoonpanotasoa.

Osaluettelo on myös tärkeä osa tuotantopiirustusta. Tuotantopiirustuksessa esiintyvät nimikkeet merkitään kuvaan numerolla, joka vastaa osaluettelossa näkyvää numeroa. Lisäksi osaluettelossa kerrotaan muun muassa kappaleen paino ja osien lukumäärä. Suunnittelun tekemässä tuotantopiirustuksen alakulmassa näkyy kuvaan liittyviä tietoja, joista käy ilmi piirustuksen piirtäjä, yrityksen nimi, kappaleen nimi, nimikenumero, käytettävä paperikoko, reunuksia kiertävä koordinaatisto, revisionumero ja revisiotaulukko, josta käy ilmi tehdyt muutokset. Kuvan 3.5. tuotantopiirustuksia käytetään myös pohjana luvussa 3.4.2 esiteltävissä varaosapiirustuksissa.



Kuva 3.6. Tuotannon tekemä asennusohjeen sivu (Saunamäki 2013).

Kuvassa 3.6. näkyvät erot kuvaan 3.5. verrattuna liittyy aiemmin mainittuun useasta kokoonpanosta valittuihin nimikkeisiin. Kuvassa 3.6. näkyvä moottorimoduulin takajal- ka tulee olla kokoonpantuna, ennen siirtymistä seuraavaan asennusvaiheeseen. Tällä tavoin moottorimoduulien kokoonpanolinja saadaan etenemään jouhevammin. Jos tuo- tannossa täytyy varustella tuotetta esimerkiksi asentamalla hydraulikkapumpun hyd- rauliikkaletkuja kiinni ennen varsinaista pumpun asennusta, ei suunnittelun tuotantoku- vat enää palvele tuotannon tarpeita riittävän hyvin.

EBOM:sta erilliselle tuotannon vaiheelle tulee tehdä osaluettelo Exceliin tai muu- hun taulukkoon. Tämä ei ole integroituna PDM-järjestelmään, joten nimikemuutokset joudutaan tekemään manuaalisesti. Osaluettelon nimikkeiden paikkanumerot järjeste- tään asennusten mukaiseen loogiseen järjestykseen.

Paremmalla ja reaaliaikaisella asennusohjeella työntekijöiden liikuteltavuus eri tuo- tanto-osastoilla paranee, kun hiljaisen tiedon tarve vähenee. Myös tuotantotyön ohjaa- minen helpottuu ja selkeytyy, jos kokoonpanodokumentaatio olisi ajan tasalla nopeam- min. Kokoonpanon läpimenoaika ja sen poikkeamia olisi tehokkaammalla ohjauksella mahdollista lyhentää. Taustalla on materiaalin ohjaus ja siihen liittyen integroitavuus ERP:n ja PDM:n tietokantojen välillä. Kaikki nimikkeet tai BOM:it eivät ole aina sa- malla vaiheella.

3.4 Palveluliiketoiminnan ja dokumentaation nykytilanne

Varaosakirjan tekeminen ja varaosien myynti on kohdeyrityksessä jaettu kahdelle eri taholle, jotka eivät edusta samaa liiketoiminta-aluetta. SBL:ssä (Service Business Line) hoidetaan varaosien myynti sekä asiakkaiden tarpeet. Dokumentaatiosta puolestaan vas- taa huoltotoiminto-organisaatio, joka ei tällöin ole osana suunnitteluorganisaatiota. Va-

raosapiirustusten ja varaosakirjojen tekemiseen käytettyjä resursseja on vähennetty viime vuosina ja nykyisellään ryhmän vahvuus on alle viisi henkilöä. Nämä kaksi osastoa (dokumentaatio ja SBL) tekevät yhteistyötä, mutta kahden eri organisaation välillä on eroavaisuuksia.

Sekä SBL kuin myös dokumentaatio-osasto käyttävät pääasiallisena PLM-työkaluna PDM-järjestelmä Atonia sekä taulukkolaskentaohjelma Exceliä. Monessa tapauksessa ongelmalliseksi koetaan ne tilanteet, jolloin tuote muuttuu ja tällöin muutuneet varaosapiirustukset tai varaosatietoja sisältävät Excel-listat päivitetään käsin. Riittävä tilanne olisi sellainen, jossa varaosakirjassa olisi vain oikeat varaosat. Tällöin varaosakirjasta poistuisi muun muassa sellaiset kokoonpanonimikkeet, joita ei myydä varaosina ja ne ovat esimerkiksi SBL:n kannalta tarpeettomia.

Vakiintuneella tuotteella on olemassa kriittisten osien luettelo (eng. Critical inventory, CI), jota hallinnoi SBL. Koska suurin osa asiakkaista ei tarvitse kaikkia mahdollisia varaosia tuotteisiinsa, tehdään myynnin selkeyttämiseksi kriittisten osien luettelo. Varaosien varastointia selkeyttämään on luotu luettelo sisältää sellaisia osia, joita asiakkaat saattaisivat tarvita varaosina sekä sellaisia osia, joiden puuttuminen aiheuttaisi häiriötä tuotteen toiminnassa. Kriittisten osien luettelo toimii sellaisenaan katalogina, johon on kerätty edellisiä tuotteita tutkimalla useimmiten tarvittavat osat. Varaosia tarvitaan esimerkiksi silloin, kun osia katoaa, kuluu, vikaantuu tai rikkoutuu. Luettelossa ei voida ottaa huomioon tuotteiden päivittymistä tai revisiointia, sillä luettelo kootaan käsin uuden tuotteen myötä. Seuraavassa taulukossa 3.2. esitetään yksinkertaistettu CI-luettelo.

Taulukko 3.2. *Critical inventory -luettelo sisältää tuotteen kriittiset nimikkeet.*

PDM lkm.	Koodi	Kuvaus	Kriittinen arvo
2	801286	Imuputki	5
1	801287	Paluusuodatin	5
1	801288	Kytin	1
1	801289	Välilaippa	1
1	801292	Lämpövastus	1
2	801967	Hydrauliletku	0

Leukamurskaimen kriittisten osien luettelo rajaa esimerkiksi leukamurskaimen kaikki 3000 nimikettä 500:aan. Tummennetun ”Kriittisen arvon” numerot viittaavat siihen, kuinka monta kappaletta vähintään varastoidaan. PDM lukumäärä ilmaisee sen, kuinka monta kappaletta osia on valmiin tuotteen geneerisessä BOM:ssa. Kriittinen arvo voi olla enemmän, vähemmän tai sama kuin PDM-järjestelmässä.

Varaosien toimintojen kannalta oleellista on miettiä myös suunnittelun logiikkaa. Suunnitteluresursseja voisi käyttää eri tavoin ja koko tuoterakenteen suunnitteluun kohdistaa enemmän. Tämä mahdollistaisi sen, että luvussa 3.4.3 esitelty varaosarakenne olisi mahdollista toteuttaa. Tavoitteena SBL:n kannalta voisi pitää sitä, että varaosakirjassa olisi varaosapiirustus sekä siihen liitetty nimikkeiden positionumerot ainoastaan kohdeyrityksen tarjoamiin varaosiin.

3.4.1 Varaosakirja

Aikaisempi tutkimus asiakasdokumentaatiosta kohdeyrityksessä kertoo, että varaosakirja koostuu luetteloidun tuotteen varaosista ja varaosapiirustuksista. Varaosakirjasta tulisi löytää tarvittu osa luettelosta ja osien tilaamiseen kannalta olennaiset yksityiskohdat. Hyvä varaosakirja täyttää ainakin kaksi vaatimusta: varaosapiirustusten pitää olla selkeitä ja rakenteen pitää olla looginen tuotteeseen verrattuna. (Alanko 2008, s. 9.)

Tuotteen loppukäyttäjä on usein myös varaosakirjan käyttäjä. Myös kohdeyrityksen oma huoltohenkilökunta käyttää varaosakirjaa. Näiden kahden käyttäjäryhmän väliset erot tuotteen asiantuntijoina poikkeavat paljon toisistaan. Varaosakirjan tulisi silti palvella molempia käyttäjäryhmiä. (Alanko 2008, s. 9.)

Geneerisestä EBOM:sta tehdyllä yksilörakenteella tehdään varaosakirjoja sellaiseen. Varaosakirjasta löytyy siis kaikki tuotteen osat peltilevyistä valettuihin teräsosiin. Tällainen varaosakirja on fyysisestikin mittava ja sen lukeminen raskasta, joka korostuu vielä silloin jos kirjan lukija ei tunne tuotetta. Varaosakirja ei ota myöskään kantaa siihen, millaisia eri osat tuotteessa ovat: Onko jokin tuote varaosa, onko sitä myynnissä varaosana tai halutaanko sitä myydä ylipäänsä.

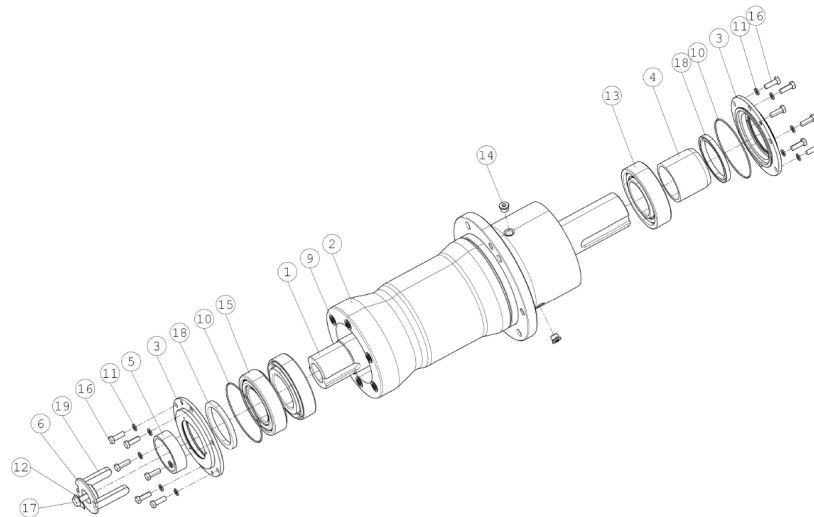
Varaosakirjat ovat hyvin informatiivisia, mutta joillekin asiakkaille tiedon määrä on liian suuri. Huoltokorjaajille ja tuotteen asiantuntijoille nykyinen informatiivinen varaosakirja on hyvä ja toimiva. Asiakkaat, joille tuote ei ole täysin tuttu, haluaisivat kompaktimman varaosakirjan. Tämä saattaa aiheuttaa myös tilanteita, joissa asiakas tilaa peltilevyn, jota ei ole saatavilla varastokeskuksissa. Tämä johtuu vain siitä, että osa satuu olemaan tarjottuna varaosakirjassa.

3.4.2 Varaosakuvat

Alanko (2008, s.78) on todennut Metso Mineralsille tehdyssä tutkimuksessa, että varaosapiirustukset tulisi luoda erikseen siihen tarkoitettulla ohjelmistolla. Tällöin varaosapiirustukset poikkeaisivat suunnittelupiirustuksista ja ne palvelisivat varaosakirjan loppukäyttäjää (Alanko 2008, s.79).

Kuten tuotannon asennusohjeissa, myös varaosakuvien tekemisessä suurin ongelma on päivitettävyyden. Kuvat ehditään päivittää, jos vain muokataan suunnittelun tekemää tuotantopiirustusta vastaamaan paremmin varaosakirjan vaatimuksiin. Kuvien laatu kärsii myös 3d-malleissa käytetyistä varjostuksista, jotka mustavalkoisiksi muutettuna huonontavat varaosapiirustusten laatua. Varaosapiirustus ei silti tällä tavoin vastaa täysin sille annettuihin vaatimuksiin.

Varaosapiirustuksen tulisi olla tallennettuna globaaliin tallennuspaikkaan. Globaali tallennuspaikka voisi olla PDM-järjestelmässä, joka on kohdeyrityksen nykyisen PLM-arkkitehtuurissa integroituna muihin järjestelmiin. Tallennuspaikan valinta ja dokumentin nimeäminen PDM-järjestelmään on olennaista sisällönhallinnan toimivuuden kannalta. (Alanko 2008, s. 50.) Kuvassa 3.7. esitetään tavoite varaosapiirustusten laadulle.



Kuva 3.7. Esimerkki käyttökohteeseen sopivasta varaosapiirustuksesta (Alanko 2008, s. 54).

Kuvasta 3.7. loppuasiakas voi yksinkertaisesti selvittää tarvitsemansa osan ja sen osanumeron. Kuva on selkeä, siitä puuttuu varjostukset ja osat ovat myös räjäytetty erilleen, jolloin kuvan esitystapa on havainnollisempi. Varaosapiirustuksessa voisi esittää myös taustageometriaa, jotta kokonaisuuden hahmottaminen helpottuu. OEM (Original Equipment Manufacturer) -tuotteita myyviltä yrityksiltä saatavat varaosapiirustukset ovat useimmiten tehty huolella ja niistä on saatavilla räjäytyskuvat. Kuvan 3.7 mukaisen varaosakuvien lisäksi varaosakirjaan voisi luoda yleiskuvan antavia piirustuksia (Alanko 2008, s. 58). Samaa yleiskuvan piirustusta voisi käyttää eri tuotteilla, joka olisi myös asiakkaan kannalta hyödyllistä (Alanko 2008, s. 58). Dokumentaatio-osastolla tunnistetaan tarve varaosapiirustusten kehittämiseksi esimerkiksi räjäytyskuvien avulla, mutta aika ei riitä, sillä kaikki aika kuluu muutoshallintaprosessin mukana pysymiseen.

3.4.3 Varaosarakenne

Alanko (2008, s. 45) toteaa työssään varaosakirjan muodostavassa tuoterakenteessa olevan loogisia ongelmia. Varaosakirjojen laatua voisi parantaa huomattavasti selkeyttämällä varaosakirjan rakennetta. Loogisinta olisi koota varaosakirjan rakenne tuotteen omista moduuleista, mutta sen sijaan nykyiset rakenteet vastaavat yksilörakennetta. Yksilörakenne on geneerisestä tuoterakenteesta muodostettu ja nämä eivät palvele loppuasiakasta varaosakirjan käyttötarkoitusta miettien. Alanko (2008, s. 46) esittää yhdeksi varaosarakenteen luomisvaihtoehdoksi yksilörakenteen ensimmäisen tason yhdistämistä. Lisäksi yksilörakenteen alitasoissa ongelmana on rakenteen syvyys. Tästä syystä varaosakirjaan luodaan automaattisesti sivuja, kun varaosapiirustuksen sisältävästä kokoonpanosta luodaan varaosakirjaan aina aukeama.

Yhdeksi ratkaisuksi varaosakirjan ongelmiin Alanko (2008, s. 48) esittää varaosayksilörakennetta, joka tehdään varaosakirjan luomisprosessia varten ja se palvelisi myös dokumentointia laajemmin. Varaosarakenne perustuu yksilörakenteeseen, mutta

varaosapiirustusten laatimisen helpottamiseksi, tulisi tarkastella piirustuksen yhteydessä muodostunutta rakennetta. Nämä tarkoittaisivat, että varaosarakenne olisi uusi kokoonpano, jossa on ainoastaan varaosanimikkeitä yksitasoisena rakenteena. Varaosarakenne tulisi Alangon (2008, s. 48) mukaan luoda piirustusohjelmalla, koska se on varaosakirjan luomisessa perustana. Olennaisena Alanko (2008, s. 49) pitää sarjanumerorakenteen tasojen madaltamista, johon varaosakirjarakenne toisi yhden ratkaisutavan sisällön epäselvyyden osalta.

3.5 Johtopäätökset

”Informaatioarkkitehtuuri on tietosisältöjen rakenteellinen kokonaisuus, joka jäsentää sisällöt, niiden elementit ja keskinäiset suhteet sekä näiden haku- ja muut käyttömahdollisuudet tiedon käyttäjille, tuottajille ja ylläpitäjille. Informaatioarkkitehtuuri luo tilan, jossa tiedon tuottaja, käyttäjä ja ylläpitäjä kohtaavat toisensa.” (Kauhanen-Simanainen 2003, s. 20.)

Muutosten myötä asiat joudutaan tekemään uudelleen. Tuotetiedon käyttäjiä on monenlaisia ja tiedon sisältö moninaistuu käyttäjäryhmien myötä. Tiedon sisältöä erilaisissa rakenteissa voisi olla hyötyä analysoida tiedon toistumisen kannalta. Tällöin tuotetiedon riippuvuudesta eri rakenteissa tehtäisiin riippuvuusanalyysi ja saataisiin selville, mitkä sisällöt voisivat päivittyä automaattisesti. PLM-järjestelmä voisi luoda tilan, jossa tuotannon-, palveluliiketoiminnan- ja suunnittelun henkilöstö voisivat kohdata toisensa tuotteen eri elinkaaren vaiheilla.

Kohdeyrityksen EDM-järjestelmä ei sisällä tällä hetkellä yksilörakennetta. Tämä vaatisi EDM-järjestelmään uusia ohjelmistomoduuleja. Yksilörakenne muodostuu ERP-järjestelmään ja se kopioidaan käsin PDM-järjestelmään. Tuotemuutosten myötä tuoterakenne pitää luoda uudestaan. Loppuasiakas on usein tärkein sidosryhmän edustaja, mutta tuotannon rakenne pitäisi olla mahdollisimman tehokkaasti suunniteltu. Tällöin turvattaisiin tuottavuus tuotannossa.

Jos suunnittelu hallinnoisi pelkkää EBOM:ia tekemättä kompromisseja muiden sidosryhmien kanssa, voisi EBOM olla matalampi kuin nykyinen hierarkkinen rakenne. Matalampi rakenne olisi ylläpidon kannalta helpompi ratkaisu. Muutosten läpikäyntien eli tuotekatselmoinnin hankaluus on tullut ilmi vakiotuotannon puolelta. Syvällä rakenteessa olevat osat ja niihin kohdistuvat muutokset tai revisioidinnit aiheuttavat paljon työtä myös jokaisessa ylemmässä rakenteessa. Matala ja varioituva rakenne ei ole liian monimutkainen, jos ERP-järjestelmän konfigurointisäännöstöä voidaan hyödyntää sen luomisessa.

Jos tämän tutkimuksen tuloksena tuotannolle tai palveluliiketoiminnalle saataisi tehtyä toimiva rinnakkaisten tuotenäkymien ratkaisumalli, tämä kopioitaisi globaalisti kohdeyrityksen tietojärjestelmien harmonisoimiseksi. Kohdeyrityksen toiminnassa olennaista on tiedon harmonisointi maailmanlaajuisesti, joten rinnakkaiset tuotenäkymät tulisi myös harmonisoida tuotantolokaatioiden välillä. Yrityksen eri organisaatioiden on hankalaa pakottaa toisia toimeenpanevia liiketoimintoja harmonisoimaan tuotetietoa.

4 TAPAUSTUTKIMUKSET

Tämä luku käsittelee tapauksia, joissa pyritään selvittämään millaisia tuotenäkymiä ja -rakenteita kohdeyrityksen tuotteen erilaisten elinkaaren vaiheiden organisaatiot tarvitsevat. Tapauksiin liittyvät ongelmat ja kehityskohteet on kuvattu tarkemmin luvussa 3.

Ensimmäinen alaluku kertoo tapaustutkimuksen käytännön työstä ja eri ohjelmistojen hyödyntämisestä. Toisessa ja kolmannessa alaluvussa tähdätään loppuratkaisuun, mikä yrityksessä voisi olla mahdollista eri liiketoimintojen PLM-järjestelmiin keskittyneille pidemmän aikavälin projekteilla. Neljäs luku tutkii ratkaisua, jota olisi mahdollista hyödyntää nykyisellä PLM-arkkitehtuurilla ja sen hyödyntäminen vaatisi sitoutumista vain pieneltä osalta henkilöstöä.

4.1 Työn aloittaminen

Rinnakkaisrakenteiden hyödyntämiseksi kohdeyritys hankki testikäyttöön tarkoitetun kannettavan tietokoneen, johon asennettiin Teamcenter 8.3 ja NX 7.5 hiekkalaatikkoversiot (eng. Sandbox). Hiekkalaatikkoversio Teamcenteristä mahdollistaa kaiken toiminnallisuuden testaamisen, ilman riskiä vahingoittaa varsinaista suunnittelu- ja tuotetietoa. TC 8.3 hiekkalaatikkoversio sisälsi suunnittelutiedon vuoden 2012 toukokuulta. Vanha suunnittelutieto asetti rajoitteita testattavissa tuotteissa, kun PDM-järjestelmä ja EDM-järjestelmä eivät olleet synkronoituja keskenään. Multi-structure manager – järjestelmämoduulin käyttämistä auttoi alkuun Ideal PLM:n tekemä opas.

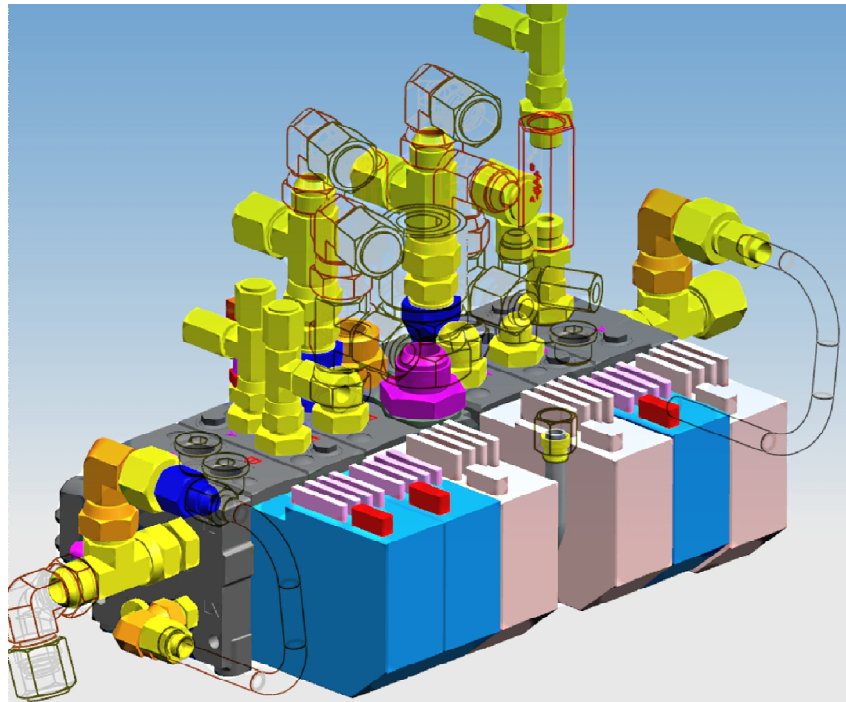
Ideal PLM on yritys, joka tarjoaa tuotteen elinkaaren hallintaa auttavia ohjelmistotyökaluja. Tässä työssä Ideal PLM oli mukana esittelemässä ratkaisuja varaosarakenteen muodostamiseen Teamcenterissä sekä opastamassa Multi-structure manager moduulin käyttämisessä. Ensimmäisellä vierailulla Sauli Kivinen esitteli Teamcenterin ominaisuuksia hyödyntävää keinoa luoda EBOM:sta SPBOM ja yksilötuotteen varaosakirja. Tämä tapa vaatisi nimikkeille uutta varaosa-attribuuttitietoutta. Toisella Ideal PLM:n vierailukerralla Mikko Vehviläinen esitteli Teamcenterin Multi-structure manager -ohjelmistomoduulin avulla luotavan MBOM:n rakentamista vaihe vaiheelta sekä selvitti toisiinsa linkitettyjen tuoterakenteiden toimintaperiaatetta.

4.1.1 Ohjelmistojen hyödyntäminen

Rinnakkaisrakenteiden hyödyntämistä testattaessa havaittiin jo varhaisessa vaiheessa, että PDM-järjestelmän ja EDM-järjestelmän tulisi olla synkronoitu. Tähän löytyi ratkaisu asentamalla uusi Teamcenterin versio 10.1 ja NX:n 9.0. Teamcenter 10.1 testiversiossa suunnittelutieto on lähempänä nykyhetkeä sen ollessa vuoden 2014 tammikuulta.

Teamcenter 10.1 käyttöönoton testaaminen oli edennyt riittävän pitkälle kohdeyrityksessä, jotta se oli stabiili. Sen asentaminen testauskoneelle oli tällöin kannattavaa. Uudella versiolla oli mahdollista käyttää Multi-structure manager -moduulia. Molempien NX-testiversioiden 7.5 ja 9.0 puutteena oli Metson työkalurivin puuttuminen. Metson työkalurivi sisältää muun muassa muunneltuja massanlaskentaan ja dokumentin luomiseen tarkoitettuja työkaluja.

Ensimmäistä tapaustutkimusta testattaessa havaittiin ongelmia Multi-structure managerin datapaneelin visualisoinnin kanssa. Datapaneelissa tulisi näkyä rinnakkaisten tuoterakenteiden kevyt 3d-malli. Valitettavasti visualisointiohjelma ei näyttänyt kaikkia malleja. Samaa ongelmaa ei ollut NX:n puolella, ainoastaan datapaneelin visualisointivälilehdellä. Ongelmaa ei ollut Teamcenterin versio 8.1:ssä. Tämä ongelma vaikeutti rinnakkaisten rakenteiden muodostamista, koska pelkän nimikenumeron kloonaminen rakenteesta toiseen ei tuo mukanaan paikoitustietoa. Tällöin pitäisi joko paikoittaa mallit käsin, mutta tämä olisi turhaa työtä jos paikoitus on kerran tehty EBOM:ssa. Kuvassa 4.1. näkyvät niiden osien katkoviivat, joita Teamcenterin visualisointi ei näyttänyt.



Kuva 4.1. Teamcenter 10:n havaitut puutteet on merkattuna katkoviivalla kevytmalliin.

Teamcenterin 10.1 version käyttämisestä ja testaamisesta hyötyi tuotannon lisäksi myös globaali IT-organisaatio, joka pystyy reagoimaan yllä mainitun visualisoinnin korjaamiseen ennen käyttöönottoa. Myös Teamcenterin uuden version asennustiedostosta löydettiin virheitä, jotka pystyttiin korjaamaan ennen varsinaista käyttöönottoa. Tämä vähentää ongelmia myöhemmin, kun uusi versio jalkautetaan suunnittelijoiden käyttöön. Ennakkotapauksia saadaan etukäteen korjattua ennen varsinaisen järjestelmän asentamista suunnittelijoille, koska jokaisen Teamcenterin asennus on yksilöllinen ja tietokonekohtainen. Tämä asennus testikoneelle oli eräänlaista digitaalista laadunvarmistamista - korjataan tuotetta ennen sen päätymistä varsinaiseen tuotantoon.

4.1.2 Kohdeyrityksen aiemmat MBOM-testit

Kohdeyrityksessä vuonna 2013 tehdyt MBOM-kokeilut moottorimoduuli- ja LT1213-tuotteista toimivat esimerkkeinä siitä, mitä MBOM voisi mahdollisesti olla lopullisessa muodossaan. Nämä vaihtoehtoiset hierarkkiset tuoterakenteet (eng. Alternate hierarchy) on tehty NX:stä tuoduilla monoliittisilla JT-malleilla, jotka sisältävät BOM:n. Monoliittinen JT-malli on avattu Teamcenter Visualization Pro -ohjelmaan, jossa vaihtoehtoinen BOM on tehty kloonamalla kokoonpanoja ja komponentteja alkuperäisestä rakenteesta. Vaihtoehtoinen tuoterakenne on tehty vastaamaan tuotteen kokoamisen työvaiheita, joten tässä on uusia kokoonpanotasoja sen mukaan, mitä asennusvaiheita tuotteelle tehdään. Visualization Pro -ohjelmaan tehdyn MBOM:n heikkous on sen päivitettävyyden puute, koska sitä ei ole integroitu järjestelmiin. Tällä tavoin muodostettua MBOM:ia voidaan toki käyttää tuotannon tukena ja tuotteen virtuaalikatselmoinnissa, jos resursseja niiden tekemiseen riittää.

Vaihtoehtoinen rakenne toimii hyvin esimerkkinä siitä, miten tuotantovaiheiden etenemistä voidaan seurata virtuaalisessa 3d-mallissa. Vaihtoehtoisen rakenteen tekeminen vaatii asiantuntemusta koottavasta laitteesta, sen asennusvaiheista tuotannossa sekä ajan tasalla olevia JT-malleja tuotteen komponenteista.

4.2 Tapaus: EBOM - MBOM ja muutosten hallinta

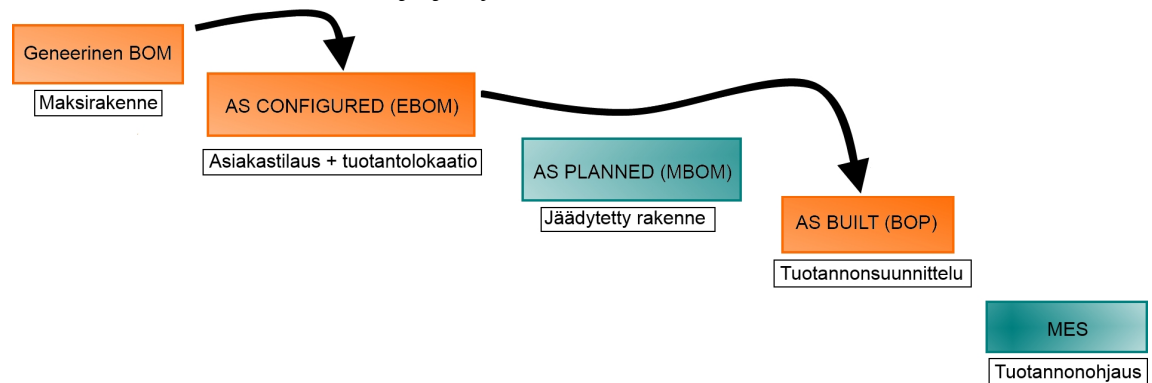
Kohdeyrityksen kohtaamiin haasteisiin pyritään tässä tapaustutkimuksessa vastaamaan rinnakkaisia tuoterakenteita hyödyntämällä. Tämä tapaustutkimus pyrkii tuomaan ensisijaisesti vastauksen tutkimuskysymykseen ”**Miten muutosten hallintaa voisi kehittää tuotantorakenteen avulla?**”

Tuotantoyritykset pyrkivät tekemään eroa kilpailijoihin uusilla innovaatioilla suunnittelumenetelmissä ja valmistustavoissa. Valmistustavoista riippuen PLM-järjestelmällä voidaan erilaistua moneen tarkoitukseen teollisuudesta riippuen. PLM-järjestelmä saadaan toimivaksi silloin, kun järjestelmän tekijä rakentaa sen vastaamaan ohjelmistotarjoajien, yrityksen osastojen ja asiakkaiden tarpeita.

Yksi kohdeyrityksen tuotannon haasteista on suuri konfiguraatioiden määrä. Konfiguroinnista on hyötyä, kun tuotanto tarvitsee pienemmän määrän komponentteja tuotantoympäristön ja tuotantoaikataulun hallitsemiseksi. PLM-järjestelmän rooli tässä tuotantoympäristössä on rakentaa muunneltava ja integroitu PLM-arkkitehtuuri eri suunnittelu- ja tuotantoympäristöistä, jolloin tuotesuunnittelijat ja tuotannonsuunnittelijat voivat työskennellä yhdessä. Konfiguroitujen tuotteiden suunnittelun ja tuotannon integroiminen on haastava, jolloin PLM:n rooli on tehdä siitä yksinkertaisempi ja muunneltava.

Luvussa 2.5 esitettyyn uuden tuotteen kehittämisprosessiin maailmanlaajuisessa tuotannossa oli tehty tuoterakenneprosessi, joka lähti EBOM:sta ja loppui tuotannonohjauksessa käytettävään ”kuten rakennettu” MBOM:iin (Lee et al. 2011, s. 403). Luvussa 2.5 esitettiin myös rinnakkaisten tuoterakenteiden tietorakenne (Haanpää 2010, s. 108), jossa tuote realisoituu. Yksittäinen tuote voidaan tällä keinolla saada usean eri sidos-

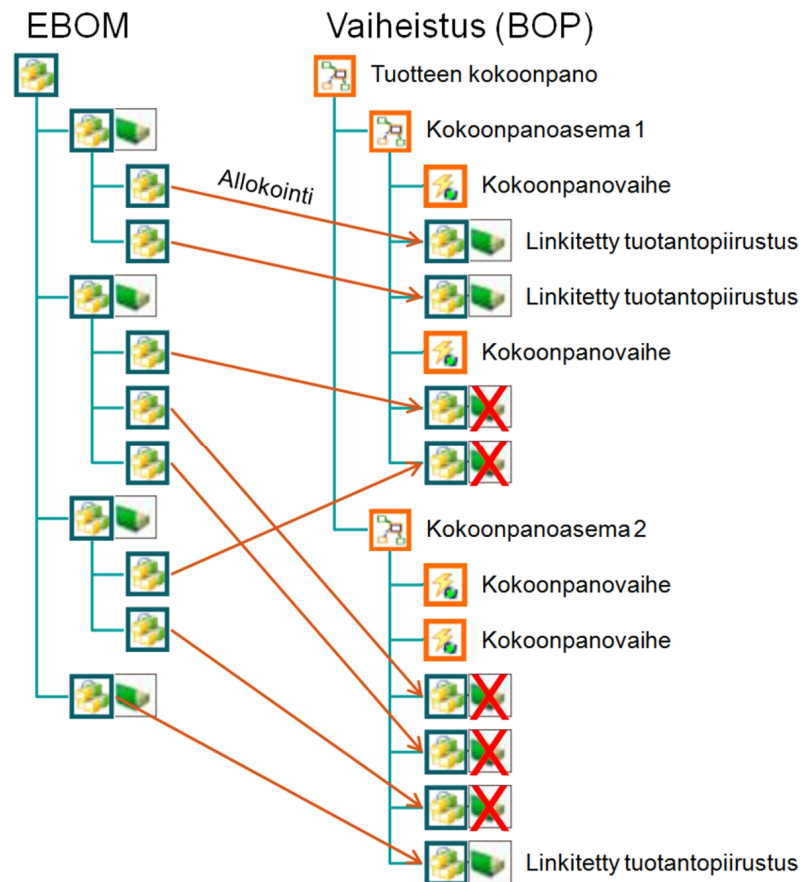
ryhmän käyttöön. Näitä kahta prosessia vertaamalla voidaan kohdeyrityksen BOM:sta rakentaa kuvan 4.2. mukainen järjestys



Kuva 4.2. Kohdeyrityksen tuotteen tuoterakenteiden polku suunnittelusta tuotannon prosessiksi.

Kuvasta käy ilmi, että kohdeyrityksellä ei ole MBOM:ia lainkaan, jolloin konfiguroidulla EBOM yksilörakenteella tehdään suoraan valmistusprosessi ERP-järjestelmään. Geneeriseen BOM:iin luodaan konfigurointisäännöt ERP-järjestelmällä, joista saadaan asiakkaan tilaaman tuotteen BOM tallennettua PDM- ja ERP-järjestelmään. ERP-järjestelmään tehdään myös tuotantolokaatiokohtainen BOM. Kuvassa 4.2. nämä on yhdistetty yhdeksi vaiheeksi BOM:n ollessa peräisin suunnittelusta.

Jos tuotantoon aiottaisiin ottaa käyttöön MES-järjestelmä, jouduttaisiin tekemään töitä tuotetiedon siirtämiseksi tuotantoon sopivaan muotoon, koska tuotantorakennetta ei ole tehty. EBOM:iin tehtyjä tuotantopiirustuksia ei voida suoraan käyttää tuotannonohjausjärjestelmässä, koska siellä käytetään työvaiheille rakennettuja BOM:eja. Tuotantopiirustuksista on hyötyä silloin, jos niitä muokataan manuaalisesti sopimaan kuhunkin työvaiheeseen. Seuraava kuva 4.3. esittää kuinka nykyään toimitaan.



Kuva 4.3. Vaiheistuksen tekeminen EBOM:sta ja dokumenttien linkitys.

Koska tuoterakenne luodaan suunnittelussa, se ei palvele täysin tuotantoa tai muita elinkaaren vaiheiden organisaatioita. Joudutaan tekemään erilaisia työvaiheita, jotta tuotanto ja muut elinkaaren vaiheen organisaatiot hyötyisivät suunnittelun tekemästä tuoterakenteesta. Kuvasta 4.3. voidaan huomata, että oikeiden työhajojen toimitus valmistusprosessin mukaisille kokoonpanovaiheille ei onnistu, jos komponentteja on allokoitu useista EBOM kokoonpanoista. Kuvassa 4.3. tuodaan ilmi, että tuotantopiirustusta voidaan hyödyntää niissä kokoonpanoasemissa ja -vaiheissa, joissa EBOM:n nimikkeet allokoitetaan kokonaan. Tuotantopiirustuksia voidaan hyödyntää myös muissa kokoonpanovaiheissa, mutta tällöin tulisi piirustuksia muokata vastaamaan asennusvaihetta paremmin. Tuotannossa olevia tuotteita varten tehty MBOM toimisi kuvassa 4.3. EBOM:n ja vaiheistuksen välissä yhdistävänä tuoterakenteena.

Kohdeyrityksen tietojärjestelmiin ja tuotantoon tarkemmin perehdyttyä on mahdollista huomata ERP-järjestelmässä tehtävässä vaiheistusvaiheessa (eng. Routing) samoja piirteitä kuin teorialuvun 2.5 MBOM:ssa. Vaiheistuksessa ei käytetä kokoonpanoja vaan vaiheen alla on tehtäviä, joita asennuspisteellä tehdään. Tehtäviin yhteensä käytetty aika on jaettu siten, että resurssien tehokas käyttö saadaan hyödynnettyä. Vaiheistuksille allokoitetaan tuotteessa käytetyt nimikkeet lähes samaan tapaan, kun generisessä BOM:sta luodussa MBOM:ssa tulisi kloonata/kuluttaa nimikkeitä. MBOM:n hyödyt tulevat esille, kun siitä seuraa tuotantoprosessissa (BOP, Bill of Process) kulkeva tieto, jota esitellään luvussa 5.2.

ERP-järjestelmässä heikkoutena ovat nimikkeiden revisiot, joita ei ole. Kohdeyrityksen ERP-järjestelmässä tehdään tuotteiden konfigurointi, jonka voi katsoa järjestelmän vahvuudeksi siellä tehtävän rinnakkaisen tuotenäkymän luomisessa. Ajanhallinta tuotannossa olisi mahdollista saada paranemaan, jos tehdään pienempiä osakokonaisuuksia, joita hallitaan ERP-järjestelmän avulla.

Tuotantolokaatiokohtaisia BOM:eja hallitaan ERP-järjestelmässä. Näitä sanotaan plant BOM:ksi. Plant BOM eroaa geneerisestä BOM:sta siten, että plant BOM:ia päivitetään muutoshallinnan julkaisujen käyttöönoton myötä. Tällä erolla hallitaan materiaalien ja komponenttien käyttöä.

MBOM:n tekeminen EBOM:sta on mahdollista Teamcenterissä käyttämällä Teamcenterin ohjelmistomoduulia Multi-structure manager. Tämän kautta on mahdollista hallita rinnakkaisia tuoterakenteita ja ylläpitää siihen tehtäviä muutoksia. EBOM:iin tehtyjä muutoksia voidaan seurata *accountability check* -toiminnolla, mikä vertaa rakenteiden esiintymien tunnuksia ja ilmoittaa poikkeamista. Multi-structure manager -moduulilla ryhmitetään EBOM:n nimikkeet MBOM:iin. MBOM tallennetaan tuotteen *Collaboration contextiin*, joka toimii tuotteen rinnakkaisten BOM:ien varastona. Tuotteelle voidaan tehdä myös *Configuration context*, joka sisältää BOM:n konfigurointitiedot ja konfigurointisäännöt. Collaboration context toimii kommunikointikanavana järjestelmän- ja tuotteen eri käyttäjien välillä.

Tässä tapaustutkimuksessa olisi olennaista löytää tulevaisuuden ratkaisu ongelmaan: ”**Missä MBOM on?**”. Onko MBOM:n luominen järjestelmien kannalta toimivinta EDM-, ERP- vai PDM-järjestelmässä? Myös edellä mainittujen järjestelmien lisäksi voidaan harkita ulkoista järjestelmää, mutta sen ylläpidon ja integroimisen takia tätä ei kohdeyritykseen kannata tällä hetkellä harkita. Nykyisillä järjestelmillä lähimäksi MBOM:ia päästään ERP-järjestelmän vaiheistuksella. ERP-järjestelmässä tehdään geneeriselle BOM:lle konfigurointi sekä hallitaan tuotantolokaatiokohtaisia BOM:eja. On hyvin mahdollista, että MBOM on kohdeyrityksessä hiljaista tietoa ja se rakennetaan tuotemuutoksessa uudestaan Excel-tiedostoon osana tuotteen vaiheistusta.

Muutoshallinta tulee usein vastaan tutkittaessa BOM:eja. Nopeutuisiko muutosprosessi, jos muutospyynnössä (ECR) havaitun ongelman voisi korjata muokkaamalla MBOM:ia? Jos muutosprosessin lopputuloksena ei tarvitsisi revisioida nimikkeitä tai vaihtaa komponentteja, vaan riittäisi MBOM:iin tehty korjaus. ECR:ssä tehdyt havainnot ovat usein tuotantoinsinöörien tekemiä, joiden vastuulla MBOM:n ylläpito voisi olla. Tällaista muutosta voidaan kutsua ”pimeäksi”, jolloin se on nopea tehdä mutta se ei noudata standardoituja prosesseja.

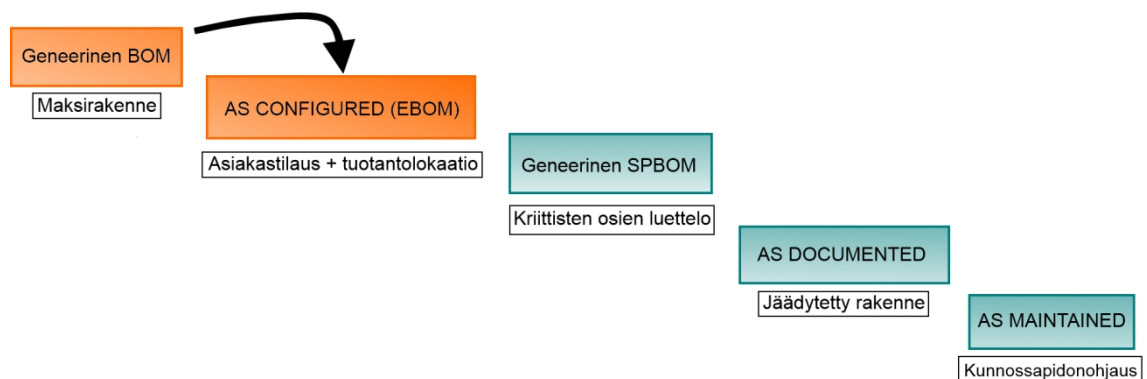
ERP-järjestelmän plant BOM saattaisi toimia muokattuna hyvin MBOM:n kaltaisesti. Tämä vaatisi ERP-järjestelmän ylläpitäjiltä ja kehittäjiltä lisätoimia. Nykyisellään tuotannon panostus ERP-järjestelmän toimintoihin on merkittävää, mutta onko se riittävä? MBOM saattaa olla monelle kohdeyrityksen organisaatiolle hankala aihe, koska se sijoittuu suunnittelun ja tuotannon liiketoimien väliin. Ylimääräistä tietojärjestelmissä tehtävää työtä ei kumpikaan liiketoiminta halua aloittaa vaan MBOM:lla tulisi vähentää tuottamatonta työtä ja tehostaa tuotannon prosessien hallintaa.

MBOM-ratkaisun päätöstä nopeuttaisi PLM-arkkitehtuurin ja uusien tuotantoprosessien analysointi. Maailmanlaajuisessa tuotannossa muutostenhallintaa helpottamaan tuodaan julkaisukäytäntö, jolloin tiedetään hyvissä ajoin etukäteen milloin tuotemuutos tapahtuu. Julkaisukäytännön tulisi tuoda muutoksia tuotantoprosessiin, jolloin MBOM:n hallintakin voisi olla teoriassa mahdollista tuoda tähän prosessiin mukaan.

4.3 Tapaus: GBOM - SPBOM ja sisällönhallinta

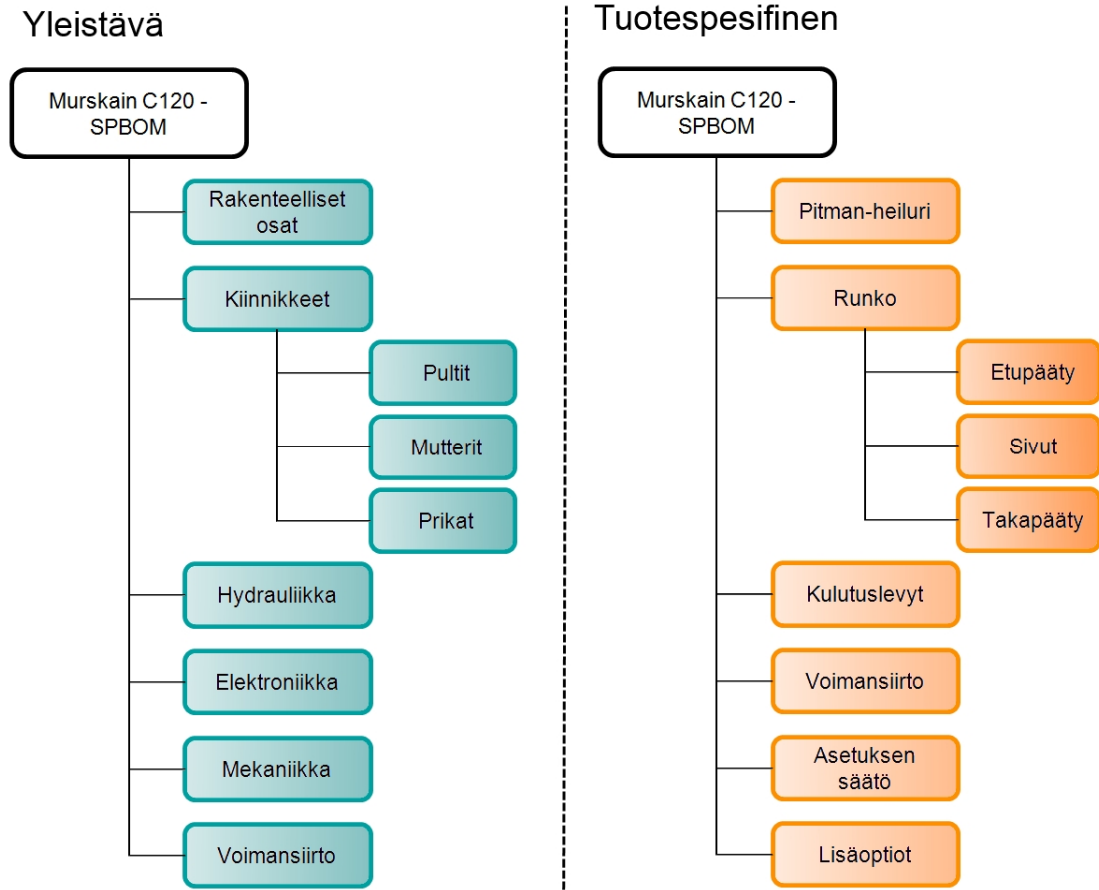
Tässä tapaustutkimuksessa pyritään löytämään parannus luvussa 3.4 selvitettyyn SBL:n ja varaosarakenteen nykytilaan. Vastaamalla tutkimuskysymyksiin ”**Miten SBL hyötyisi rinnakkaisesta tuotenäkymästä tai rinnakkaisrakenteesta?**” ja ”**Kuinka varaosapiirustus voitaisiin luoda visuaalisemmin ja vaivattomammin?**” voidaan löytää keino, jolla SBL voi tehdä päätöksen kehittää toimintojaan.

Alanko (2008, s. 57) teki työssään varaosayksilörakenteen luomiselle prosessin. Prosessi perustuu PDM-järjestelmä Atonin toimintaan, missä tehdään osa varaosiin liittyvästä työstä. Samankaltaista prosessia voisi pyrkiä tuomaan EDM-järjestelmään, jolloin suunnittelumuutokset olisi tehokkaammin päivitettävissä varaosayksilörakenteeseen. Kuva 4.4. esittää varaosakirjan luomisessa olevan ongelman PLM-järjestelmissä.



Kuva 4.4. Kohdeyrityksen varaosakirjan rakenne ei ole täydellisesti yhteydessä PLM-järjestelmiin.

SBL:n kohtaamat ongelmat liittyvät usein ECM:n myötä tulevien BOM-päivitysten sujuvaan toimintaan. Kohdeyrityksen varaosakirjan luominen kohdeyrityksen PLM-järjestelmiin toisi etuja asiakasrajapintaan sekä huoltoon ja kunnossapitoon. Ennen tuotteen varaosarakenteen luomista tulisi tietää: Onko varaosarakenne osakohtainen vai toimintokohtainen? Kuvassa 4.5. on esitetty kaksi esimerkkiä, kuinka varaosarakenne voitaisiin luoda kahdella eri tavalla.



Kuva 4.5. Kaksi erilaista rakennevaihtoehtoa varaosarakenteelle.

SPBOM:sta voitaisiin rakentaa kahdentyypisiä BOM:eja. Ensimmäinen malli sopisi samanlaisena muille kohdeyrityksen tuotteille sen ollessa yleisluonteinen. Se harmonisoisi useita rakenteita samankaltaisiksi. Rakenne olisi asiakkaalle helpommin opittava ja muistettava samankaltaisuuden takia. Samankaltaisuuden haittoja on siinä, että samanlainen rakenne ei sovi kaikille tuotteille yhtä hyvin sekä tuotteen konfiguroinnin tuomat varioituvuudet monimutkaistavat rakennetta.

Tuotespesifinen SPBOM on jokaisella tuoteryhmällä omanlainen. Kuvassa 4.5. kuvattu murskaimen SPBOM kuvaa niitä tuotteen toimintoja, jotka tekevät tuotteesta juuri sen mikä se on. C-murskaimessa on erityinen heiluriosa, jota muissa murskaintuotteissa ei ole. Tuotespesifisestä rakenteesta tulisi tunnistaa minkä tuotteen BOM on kyseessä ilman tuotesuunnittelijan asiantuntemusta. Tuotespesifinen rakenne palvelee yleisluontoista rakennetta selkeämmin huoltotyöntekijöitä, joille tuote on tuttu. Yleisluontoinen rakenne palvelee selkeämmin sellaisia asiakkaita, jotka työskentelevät työssään useiden eri tuotteiden parissa.

Kuvassa 4.5. esitellyt tuoterakennevaihtoehdot näkyisivät huomattavana parannuksena varaosakirjan nykyiseen EBOM-kompromissiin verrattuna. SPBOM:sta tulisi rakentaa järjestelmiin ensin geneerinen BOM, joka voisi olla sama kuin luvussa 3.4 esitetty kriittisten osien luettelo. Tuotteen kriittiset osat jaotellaan SPBOM:n tasoille. Geneeriselle SPBOM-rakenteelle tulisi vähemmän nimikkeitä kun geneeriselle EBOM:lle.

Tämä on ristiriidassa teoriassa esitetyn rinnakkaisten rakenteiden muodostamisessa, jossa EBOM:sta kloonattaisiin jokainen osa.

Tainio (2013) on työssään arvioinut varaosakirjatuotannon kehittämismenetelmiä ja päätynt tuloksissaan testaamaan Ideal PLM:n tarjoamaa ratkaisua. Suomalaiseen teollisuuskonserniin tehdyssä työssä oli tavoitteena vähentää käytössä olevien ohjelmistojen määrää, sekä helpottaa tuotetiedon saatavuutta varaosakirjoille. Tainion (2013, s. 32) löytämistä vaatimuksista varaosakirjan kehittämiseen voidaan löytää seuraavanlaisia yhtäläisyyksiä tämän työn kohdeyrityksen varaosakirjan kehittämiseen liittyviin asioihin:

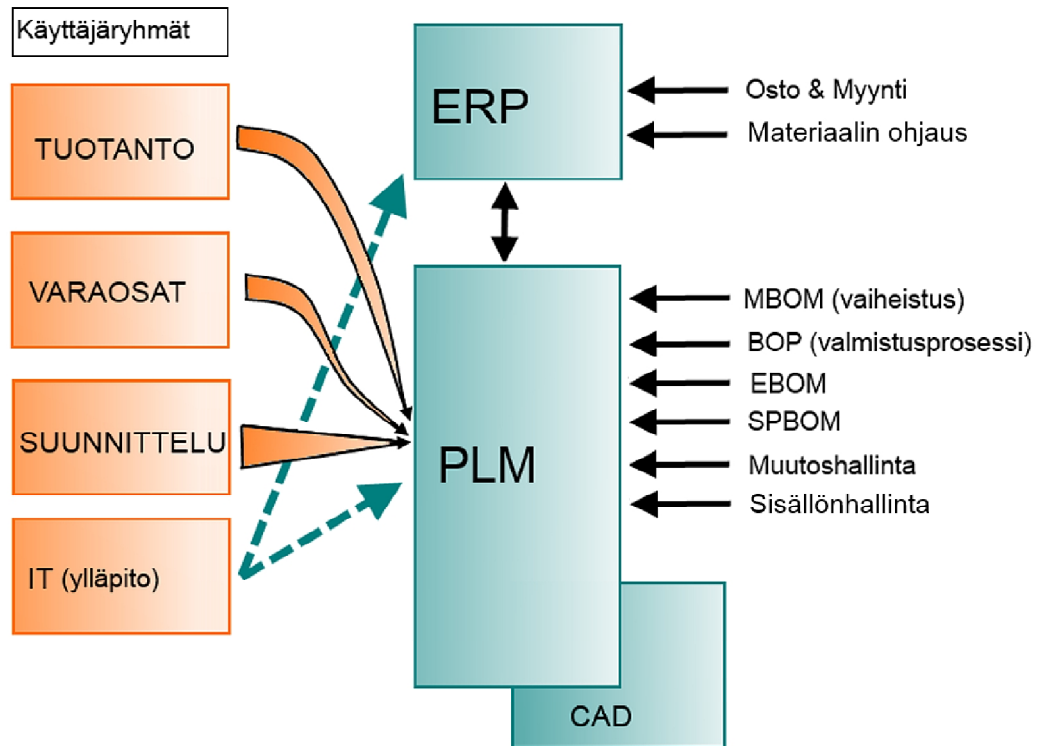
- Yksinkertaisempi prosessi.
- EBOM ja SPBOM välillä linkki.
- Jaottelu toiminnallisiin (tai muihin) ryhmiin.
- ”Ei-varaosien” piilotus varaosalistoista.

Siten kuin Tainio (2013, s.40) esittää, niin myös tässä työssä voisi hyödyntää Ideal PLM:n kehittämää varaosakirjaprosessia Teamcenter-järjestelmässä. Varaosakirjaprosessi perustuu Multi-structure manager -moduulilla tehtäviin rinnakkaisiin rakenteisiin, koska se tarjoaa mahdollisuuden muutosten hallintaan myös muillekin kuin EBOM:lle. Lopullisen varaosarakenteen luominen on kohdeyrityksen nykyisellä järjestelmällä hankalaa, sillä Teamcenteristä puuttuu tuotteen yksilörakenne. Tämän lisäksi Teamcenteriin tulisi määritellä varaosa-attribuutit jokaiselle nimikkeelle. Uusia varaosa-attribuutteja voitaisiin luoda Teamcenteriin, jos tiedettäisiin tarkkaan mitä attribuutteja haluttaisiin. Varaosanimikkeille luotavat attribuutit voisivat olla taulukon 4.1. esityksen mukaisia.

Taulukko 4.1. *Varaosa-attribuutteja voisi käyttää esimerkiksi Teamcenter-järjestelmässä.*

Attribuutin nimi	Mahdollisia arvoja	Merkitys
Varaosan merkkäus	KYLLÄ/EI/TYHJÄ	Tieto siitä, onko varaosa vai ei.
Varaosan dokumentti	KYLLÄ/EI/TYHJÄ	Nimikkeelle luodaan dokumenttisivu.
Myytävä osa	KYLLÄ/EI/TYHJÄ	Voidaan myydä varaosana.
Kuvaus eri kielillä	kiina/englanti/suomi/jne.	Asiakkaan huomioiminen.
Varaosan hinta	xxx €, TYHJÄ	Varaosan hinta näkyvissä.

Yksilörakenne luodaan kohdeyrityksessä ERP-järjestelmään, sekä manuaalisesti PDM-järjestelmään. Teamcenter-järjestelmään saataisiin yksilörakenteen hallinta esimerkiksi muuttamalla nykyinen ERP-lähtöinen prosessi PLM-lähtöiseksi. Luvussa 2.6 on myös todettu sisällönhallinnan parantuvan, kun PLM-arkkitehtuuri on yksilähteinen. Kohdeyrityksen PLM-arkkitehtuuri voisi muuttua tällöin enemmän kuvan 4.6. mukaiseksi.



Kuva 4.6. Kohdeyrityksen PLM:n yksi vaihtoehtoinen tulevaisuus.

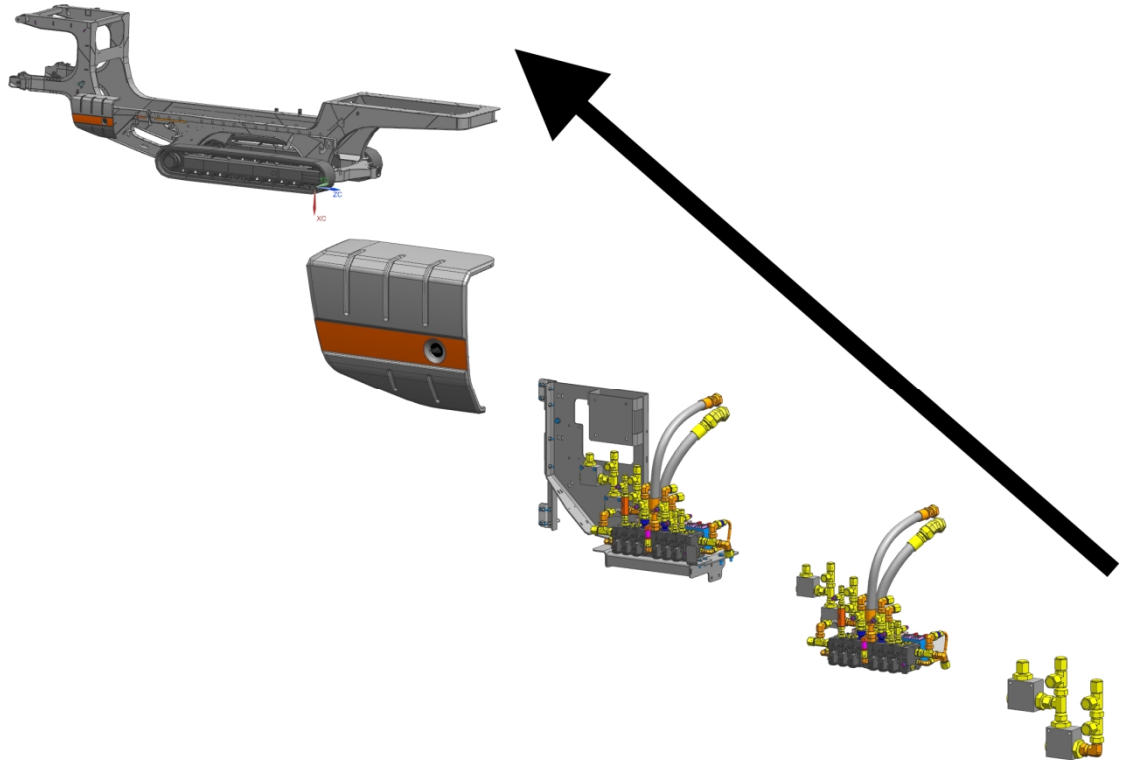
Dokumentoinnissa on tapahtumassa kehitystä, kun tulevan Teamcenter-päivityksen myötä suunnittelijat voivat luoda TIFF-kuvia (Tagged Image File Format) nimikkeistä. Menetelmää on testattu aiemmin kohdeyrityksen Ranskan lokaatiossa. Tämä menetelmä tulisi nopeuttamaan varaosapiirustusten muokkausaikaa.

4.4 Tapaus: CAD-perusteinen tuotannon tuotenäkymä

Yksi tuotenäkymien hyödyntämisen kohde ovat asennusohjeet ja tuotedokumentit sekä niiden päivitettävyys. Tuotekehitysinsinöörien tekemät asennusohjeet tehdään luvun 3.3.2 mukaisesti. Asennusohjeisiin tulevien muutoksien päivittäminen on manuaalista työtä, jota olisi mahdollista nopeuttaa helpottamalla päivittämistä. Muutosten havaitseminen tapahtuu muutostiedotteen (eng. ECN release) tiedoilla sähköpostin avulla tai siten, että asentaja näyttää ohjeiden vanhentuneen. Kolmas tapaus hakee vastausta tutkimuskysymykseen: **Kuinka asennusohjeiden tekeminen muuttuu Teamcenteriä ja NX:ää hyödyntämällä?** Tällä pyritään vastamaan realistisemmin PLM-järjestelmän hyödyntämismahdollisuuksiin sopeuttamalla jo olemassa olevia ohjelmistoja.

Syy CAD-perusteisen tuotantorakenteen tutkimiselle perustuu dokumenttien tekemiseen. Paperiset dokumentaatiot ovat edelleen iso osa tuotannon ohjeistusta ja varaosakirjojen luomista. Paperittomia dokumentaatioita kehitetään MES-järjestelmän työohjeiden mahdollistamiseksi.

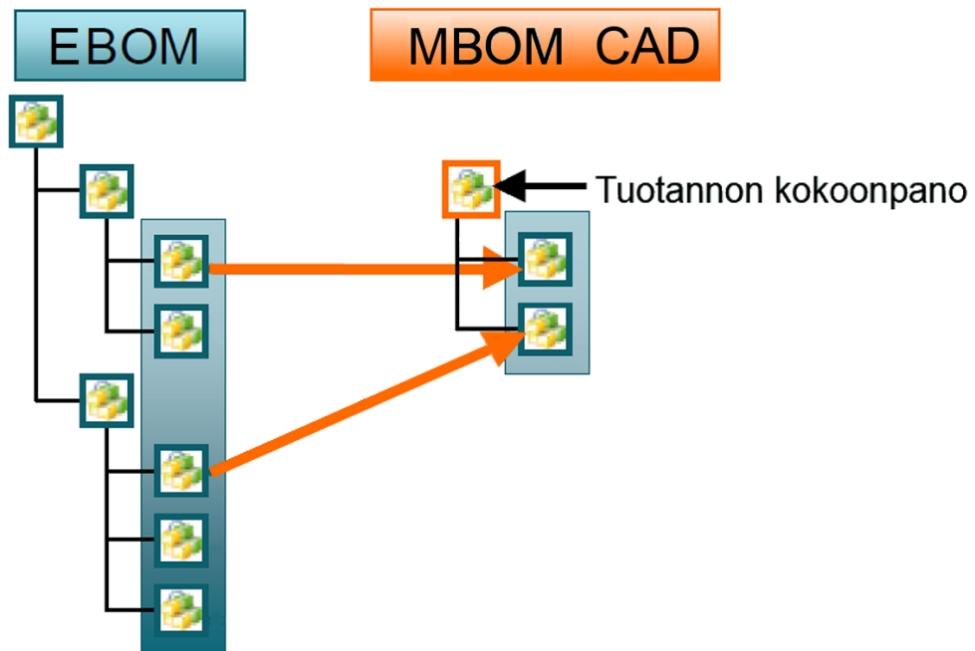
Yksi tapa toteuttaa CAD-perusteinen tuotantorakenne on tehdä sen suunnittelu alhaalta ylös. Tämä vastaa suunnittelun tapaa suunnitella tuotteita. Ensin suunnitellaan tuote CAD-ohjelmistolla ja vasta sen jälkeen se tallennetaan EDM-järjestelmään. Tuoterakenteen hierarkkisesti ylimpänä on viimeinen vaihe ja alimpana ensimmäinen asennusvaihe. Tällä tavalla tavoitteena olisi saada tuotedokumentaatio ja vaihekohtaiset asennuskuvat luotua vaivattomammin. Kuvassa 4.7. on esimerkkinä CAD-perusteisen tuotantorakenteen vaiheet alhaalta ylös.



Kuva 4.7. CAD-perusteisen MBOM:n reitti ”bottom up”.

CAD-järjestelmässä tehdyn MBOM:n hyötyjä olisi mallien paikoittaminen oikeille paikoille välittömästi. Tämä periytyisi alkuperäisiltä suunnittelunimikkeiltä, kun ne kopioidaan suunnittelun tuoterakenteen 3d-malleista. Kuvassa 4.7 jokaisessa neljässä kohdassa luotaisiin kokoonpanodokumentit näkyvissä olevista komponenteista. Näin polku valmiiseen tuotteeseen kulkisi tuotannon kannalta selkeämpien askelten kautta. Kuviin voitaisiin lisätä referenssiksi osia muista laitteen osista. Kuvassa 4.7. on lisätty Lokotrackin runko antamaan viitettä siitä, mihin kohtaan hydraulilaatikko asennetaan rungossa.

CAD-perustaisessa tuotannon tuotenäkymässä Multi-structure manager -ohjelmistomoduulille ei ole tarvetta. Metson vahva CAD-osaaminen suunnittelussa pääsisi paremmin oikeuksiinsa, kun EDM-järjestelmään ei lisättäisi uusia lisäjärjestelmiä. NX:n käyttäminen kokoonpanokuvien tekemiseen olisi yksi mahdollinen keino tehostaa asennuskuvien päivittyvyyttä. Seuraavassa kuvassa 4.8. havainnollistetaan sitä kuinka CAD-perusteinen MBOM ei toimi tuotannon rinnakkaisrakenteiden teorian mukaan, mutta hyödyntää EBOM:ssa käytettyjä nimikkeitä.



Kuva 4.8. CAD-perusteisen MBOM:n ero teoriassa esitettyyn MBOM:iin.

Kuvassa esitetään MBOM CAD:n rakentaminen. Tämä ei noudata BOM:ien teoriaa, sillä MBOM:n tulisi sisältää kaikki samat osat ja kokoonpanot kuin EBOM:kin. Tässä tapauksessa lopputulos on tärkein. Lopputuloksena tehty tuotteen asennusdokumentti on tässä CAD-perusteisessa ratkaisussa tavoite. Piirustuksiin voidaan tuoda referenssinimikkeitä, jotka eivät näy tuotantorakenteissa, mutta näkyvät kuvissa havainnollistavina malleina. BOM:n osien numeroinnissa tulee kiinnittää huomiota, koska asennuskuvan selkeys riippuu hyvin paljon niistä. Kuvassa 4.9. esitetään ensimmäinen vaihe MBOM CAD:n tekeminen NX:n BOM:iin.

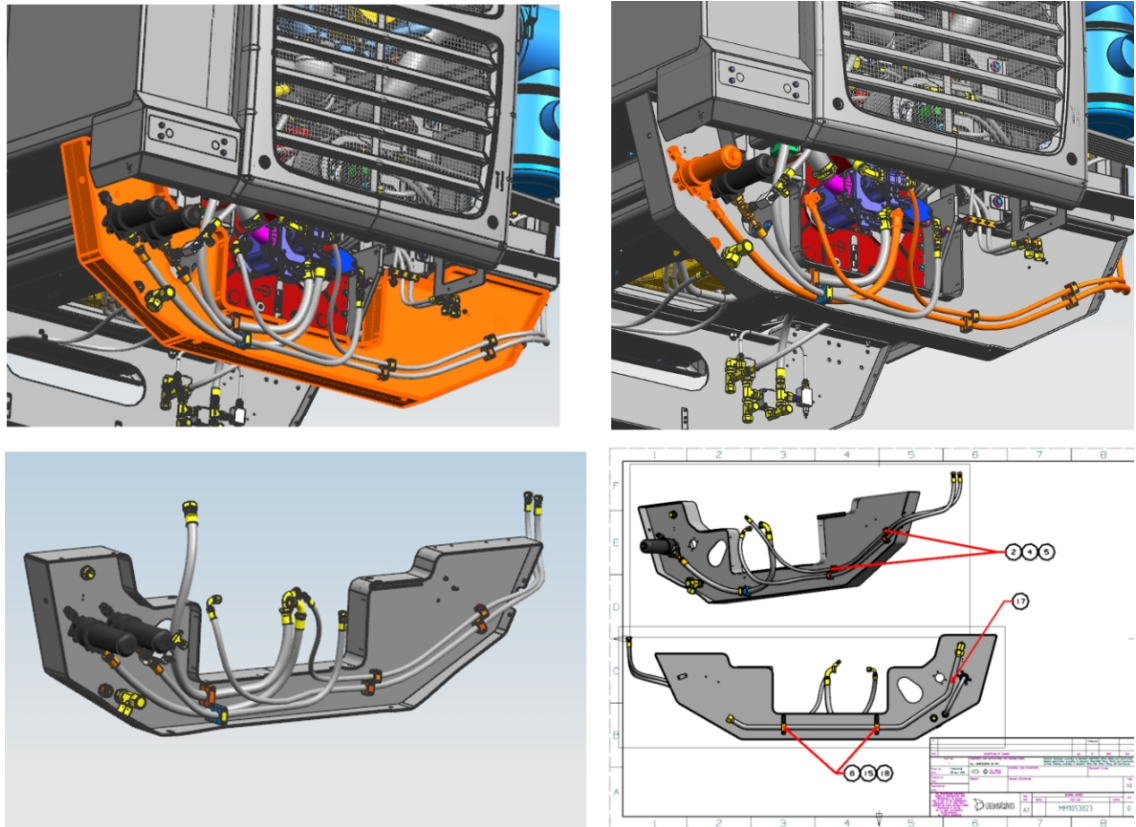


Number	Revision	Info	Name
⊖ <input checked="" type="checkbox"/> MM0567700 (Order: Chronological)	1		ENG MOD C13 LT1213 (T3/T4)
⊕ <input checked="" type="checkbox"/> MM1053023	0		TAKAJALAN VARUSTELU

Kuva 4.9. Moottorimoduulin rakenteeseen luodaan uusi nimike NX:n BOM:iin.

Tuotannon varustelua vaativa malli avataan NX:ään ja sen alle luodaan uusi asennusohjetta vaativa vaihe tai tuotannon kokoonpano. Esimerkissä käytetty moottorimoduulin rungon takajalalle tehdään tuotannon kokoonpanolinjassa etukäteisvarustelua, jotta esimerkiksi myöhemmin asennettavilla pumpuille on esiasennettuna suodattimet ja hydraulikkaletkut.


Uudelle tuotannon kokoonpanolle kopioidaan ja liitetään nimikkeitä, valitsemalla niitä 3d-mallista. Kun uusi tuotannon varustelukokoonpano on valmis, se tallennetaan Teamcenteriin. Tämän jälkeen varustelukokoonpano voidaan poistaa moottorimoduulin tuoterakenteesta. Kuvassa 4.10. näkyy tuotannon kokoonpanon tekeminen kopioimalla tarvittavat osat omaksi kokoonpanokseen ja luomalla siitä lopulta asennusohjeen.



Kuva 4.10. Kuvakollaasi näyttää tuotannon varustelukokoonpanon tekemisen.

Kuvassa 4.10. kahdessa ylimmässä kuvassa on oranssilla värillä maalattuna osakokonaisuuksia, jotka ovat moottorimoduulissa täysin eri kokoonpanoissa. Näistä eri kokoonpanoista valitaan varustelukokoonpanoon kuuluvat osat ja rakennetaan näin vaiheistuksen mukainen osakokoonpano. Tällä osakokoonpano-menetelmällä tuotantoinsinöörit voisivat itse mallintaa haluamansa varustelukokoonpanot. Ristiriitaista menetelmässä on se, kuinka tuotesuunnittelijoiden tekemät tuotantokuvat ja tuotantoinsinöörien tekemät omat kokoonpanot toimivat yhdessä. Pitäisikö suunnittelijoiden suunnitella moottorimoduuli toisella tavalla, jos tuotannossa on tarvetta erillisille varustelukokoonpanoille?

Vaihtoehtona uudelle alatasen luomiselle on uuden ylätasen (eng. Parent) luominen. Erona uuden alakokoonpanon luomiseen tällä on se, että moottorimoduulinimikkeeseen tehdyt muutokset, kuten osavaihdot (eng. Replace) näkyvät suoraan ylätasen nimikkeessä. Ongelmaksi tässä muodostuu se, että suunnittelijat päivittävät rakennetta viikoittain, jolloin tuotannossa olevan revisiotarkan rakenteen jäljittäminen ei nykyisillä järjestelmillä onnistu. Kuvassa 4.11. näkyy ylätasen nimikkeen luonti.

 Create New Parent

Number	Revision	Info	Name	Callout
MM1053139 (Order: Chronological)	0		TUOTANNON VARUSTELU	
MM0567700	1		ENG MOD C13 LT1213 (T3/T4)	1

Kuva 4.11. Ylemmän tason isänimikkeen luodaan CAD-rakenteeseen.

Metson tuotanto hyötyisi Teamcenter/NX tuotantonäkymästä silloin, kun se nopeuttaisi työohjeiden päivittämistä. Prosessi tällaisen työohjeen päivittämiseen olisi yksinkertaisimmallaan seuraavanlainen:

- Luodaan rinnakkaisrakenne asennusvaiheiden mukaan TC:iin.
- Asennusvaihenimikkeille annetaan ”*TRE_MFG*” oikeudet, jolloin tuotantoinisinööri ei voisi vahingoittaa suunnittelutietoa.
- Asennusdokumentit luodaan asennusvaihenimikkeille.

Ratkaisun ollessa yksinkertainen, sen rakentaminenkin on helpompaa. Jos prosessi toimii 90-prosenttisesti, on helpompi korjata ongelmallista 10 %:a myöhemmin tarpeen vaatiessa. Jotta tiedetään milloin työohje on tuotannon käytössä, prosessiin tulisi lisätä työohjeiden julkaisukontrolli. Tällä tavoin tuotteen muutostilanteessa tiedetään tehdä muutokset myös asennusdokumenttiin. Muutoksen tapahtuessa, prosessi monimutkaisuusi tähän tapaan:

- Revisioidaan MBOM CAD tai muutokseen liittyvät asennusvaihenimikkeet, riippuen siitä mihin muutos kohdistuu.
- Tehdään tarvittavat rakennemuutokset MBOM CAD:iin.
- Muokataan dokumentaatiota.
- Ajetaan MBOM CAD hyväksyntärutiinin läpi, jossa MBOM CAD:n lisäksi hyväksytään dokumentit.

Asennusnimikkeitä tai niiden alitasoja tarkastelevat henkilöt (insinööri, työnjohtaja, asentaja) voisivat nähdä dokumentit vasta sitten, kun ne ovat menneet edellä mainitun hyväksynnän läpi ja saaneet statuksen ”*Accepted for Production*”. Kolmannessa tapauksessa selvitetty CAD-perusteinen tuotannon työohje sekä sen tekemiseen liittyvät prosessit voitaisiin osittain soveltaa myös SPBOM-tapauksessa.

5 PLM-JÄRJESTELMIEN JATKOKEHITYS-TARPEET

Yritykset pyrkivät kehittämään tuotteistaan kilpailukykyisempiä ja muokkaamaan niitä eri alueiden markkinoille. Rinnakkaiset tuotenäkymät ovat yksi vaihtoehto hakea etumatkaa kilpailijoihin ja pitää teollisuus kannattavana. Se on ennen kaikkea mahdollisuus. PLM-järjestelmissä ja rinnakkaisissa tuotenäkymissä suurin hyöty saavutetaan tuotteen parissa työskentelevien osastojen tiedon jakamisessa sekä prosessien hallinnan läpinäkyvyyden lisäämisessä.

5.1 PLM-visio ja liiketoimintojen yhteistyön kehittäminen

Liitteessä 1 (mukaillen Whale 2014) on kuvattu tyypillinen tilanne teollisuusyrityksen PLM-järjestelmissä. Tässä tilanteessa heikkoutena on se, että keltaisella pohjalla olevien dokumenttien tekeminen ei ole integroituna elinkaaren hallintajärjestelmiin tai MES-järjestelmään. Erillistä dokumentaatiota tehdään seuraavalla tavalla:

- Nosto-ohjeita tallennetaan verkkolevylle.
- Asennusohjeita tulostetaan paperisena kansioihin.
- Varaosapiirustuksia tallennetaan PDM-järjestelmään, mutta varaosakirja tehdään erillisellä ohjelmalla.

Yhtenä syynä dokumentaation eristäytymiseen PDM-järjestelmistä voi pitää liitteessä 1 (mukaillen Whale 2014) keskellä olevaa kiilamaista aluetta. Kiilamainen alue on ollut keskeinen asia tämän työn viitekehyksessä ja sen luomiin ongelmiin on haettu ratkaisuja. Kiila eristää irralliset dokumentit EDM- & PDM -järjestelmistä. PDM-järjestelmässä voisi hallita enemmän irrallisia dokumentteja samaan tapaan kuin varaosapiirustuksia hallitaan. Tämä muodostaisi laajemman rintaman yrityksen PLM-järjestelmälle ja yhdistäisi eri liiketoimintoja.

PLM-, ERP- ja MES-järjestelmien tulisi täydentää toisiaan. PLM-järjestelmä on innovaatiopainotteinen, se tukee päätösten tekoa ja sillä on muunneltavat attribuutit. ERP-järjestelmä on kontrollointipainotteinen ja se sisältää eheää tietoaaineistoa. MES-järjestelmä on yksityiskohtapainotteinen ja se sisältää reaaliaikaista tietoaaineistoa.

Liitteessä 2 (mukaillen Whale 2014) kuvataan tilannetta, joka voisi tehdä yrityksen PLM-järjestelmästä yhtenäisemmän ja tiedonkulultaan avoimemman. Tärkeää olisi kohdistaa eri järjestelmät niille sopiville liiketoiminnoille ja tunnistaa ne osa-alueet missä eri järjestelmät ovat vahvoja.

Tuotteen elinkaaren hallintajärjestelmän tarpeet esitetään seuraavasti:

- Tuotteen ja prosessien kehityksen kulku.
- Tuotetieto ja konfigurointi.
- Tuotannon prosessit ja digitaalinen tuotanto.
- Rinnakkaisuus suunnittelussa ja palveluissa.

Toiminnanohjausjärjestelmässä tarvittavia tarpeita ovat seuraavat:

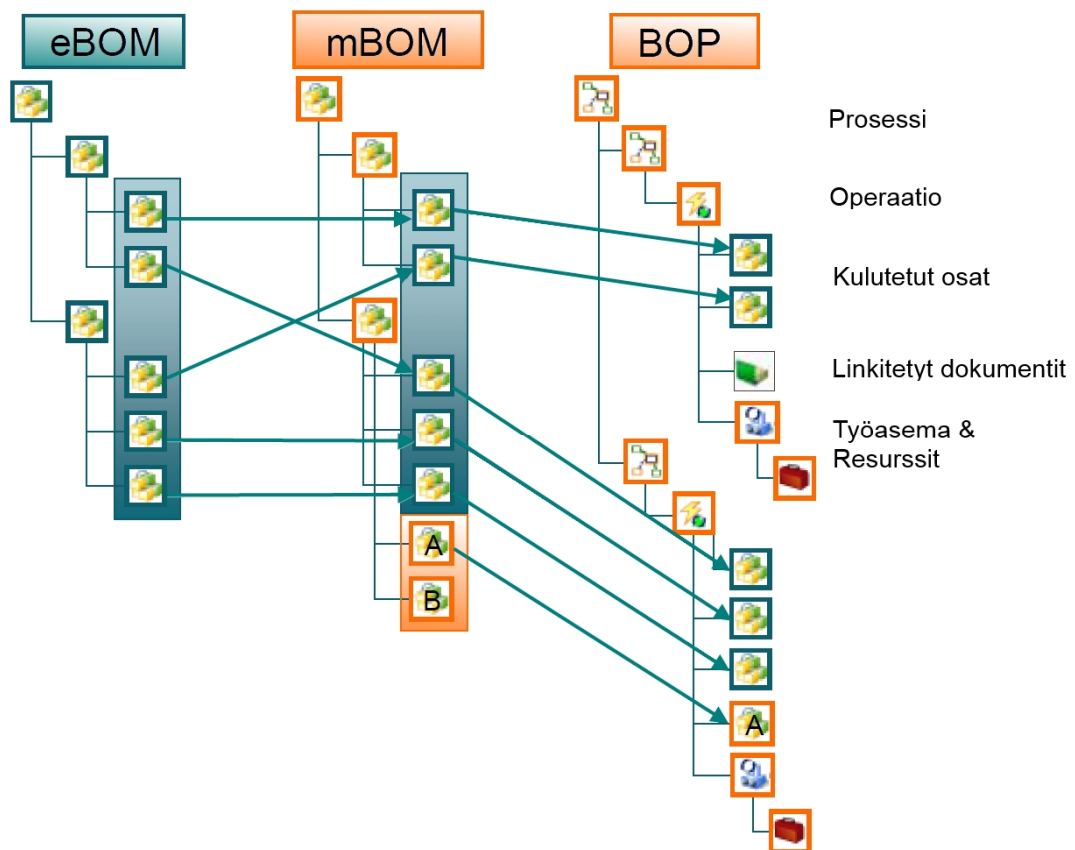
- Ennusteet ja toimintojen suunnittelu.
- Tilaustenhallinnan prosessit.
- Logistiikan- ja varastonhallinta.
- Rahoitus, HR ja hankinta.

Jos ERP- ja PLM-järjestelmien toiminnot jaetaan uudelleen, voidaan saada aikaiseksi kohdeyrityksen PLM-järjestelmille uudenlainen malli. Aiemmin listattujen PLM- ja ERP-järjestelmien tarpeita tarkasteltaessa voidaan luoda liitteen 2 (mukaillen Whale 2014) mukainen PLM-visio. Liitteen 2 (mukaillen Whale 2014) etuna on rinnakkaisten rakenteiden ja valmistusprosessin liittäminen tiiviimmin MES-järjestelmään, jolloin esimerkiksi kuvassa 4.3. esitetty tilanne korjaantuisi tämän muuttuessa luvussa 5.2 esitetyn tilanteen mukaiseksi. Liitteen 2 visio ei ota kantaa kuitenkaan siihen kuinka työläs sen esittämä muutos nykytilanteeseen on tai kuinka raskaaksi EDM- & PDM -järjestelmät muuttuisivat niiden vaihtuessa yhdeksi suuremmaksi kokonaisuudeksi. Liitteen 2 kuva jättää pohdittavaksi sen, kuinka tilanne muuttuisi, jos ERP-järjestelmä laajenisi enemmän PLM-järjestelmäksi.

PLM-visiota tulee miettiä myös maailmanlaajuisesti. Tässä luvussa esitetty liitteen 2 kuva voi toimia Tampereen tuotantolokaatioissa, mutta toisenlaisessa tuotantoympäristössä siitä ei voida saada samanlaisia etuja. Niissä lokaatioissa, joissa on todettu Teamcenter-järjestelmän olevan toimiva käyttöjärjestelmä, voisi tämä visiokin toimia. Visiossa tulisi miettiä vielä tarkemmin mihin PLM-arkkitehtuurin eri lokaatiot suuntaavat ja kehittää toimintoja sen kautta.

5.2 Rinnakkaisesta rakenteesta muodostettu valmistusprosessi

Rinnakkaisen tuotantorakenteen hyödyt saadaan hyödynnettyä tuotannon suunnittelussa, kun MBOM:sta tehdään valmistusprosessi (Bill-of-process, BOP). BOP syntyy, kun tuoteidea on ensin visualisoitu CAD:ssa ja siitä rakennettu tuoterakenne syntyy. Tuoterakenne tarvitaan osaluetteloa varten, jotta tuote on mahdollista kokoonpanna. EBOM näyttää sen ”mitä” tulisi rakentaa. BOP kertoo sen, kuinka tuote voidaan rakentaa. Yksi BOP:n tuomia etuja on mahdollisuus laskea prosesseihin kuluva aikaa ja listata työasemakohtaisia tarpeita. MBOM mahdollistaa tarkemman työasemakohtaisen suunnittelun, kun tiedetään tarkasti, mitä komponentteja työasema tai asennusvaihe kuluttaa.



Kuva 5.1. Siirtyminen EBOM:sta BOP:iin -valmistusprosessihallinnan perusta (mukail-
len Vehviläinen 2013).

Kuvan 5.1. mukaisella etenemisellä voidaan saavuttaa tuotteen siirtyminen tuotteen suunnittelijoilta tuotannon suunnittelijoille. Kun BOP integroidaan MES-järjestelmään, voidaan tuotannosta saada nopeammin tietoa virheilmoituksista ja tuotantolinjojen taktiajasta. MES mahdollistaa työntekijöiden automaattisen raportoinnin hyödyllisistä tiedoista tuotannossa. Tämän tiedon avulla työnjohto huomaa tuotannon ongelmat aikaisemmin ja pystyy reagoimaan niihin ennen kuin on liian myöhäistä. MES:n kautta työntekijöille voidaan raportoida tuotannon tilanteesta ja tavoitteissa pysymisestä. MES tuo työntekijöille digitaaliset vaihekohtaiset työohjeet, joita tuotantotoimintojen on teoriassa nopeampi päivittää kuin paperisia ohjeita. Työntekijät pystyvät raportoimaan MES:n avulla tuotannossa havaituista virheistä helpommin ja nopeammin. Virheraporttien tilastoinnilla voidaan havaita systemaattisia virheitä.

Luvussa 4.2 esitetyn ensimmäisen tapauksen kysymyksiin ratkaisu on erillinen työohje-BOP. Tämä tehtäisiin tuotannon toimesta samassa järjestelmässä kuin suunnittelu tekee tuotteen suunnittelua. Jos työohje-BOP voitaisiin integroida MES:n kanssa, saataisiin MES:iin työvaiheita kuvaavat työohjeet. Jokaisesta työvaiheen operaatiosta olisi mahdollista saada automaattisesti oma tehtävänsä ohjeisiin. Lisäksi tuotannossa kuluvat nimikkeet näkyisivät tehtävän alla. Tuotantotoimintojen tehtävänä olisi lisätä työohjeisiin kuvitus sekä kirjoittaa tarkempi ohjeistus asennukseen. Ratkaisu vaatisi toimiakseen kaksi uutta ohjelmistomoduulia Teamcenter-järjestelmään.

5.3 PIA - rinnakkaisrakenteen vaikuttavuus

Lean-periaatteiden mukaan tulisi päästä eroon tuottamattomasta työstä. Työssä tehdyt virheet voivat aiheuttaa asiakkaan tyytymättömyyttä tai tapaturmien sattumista. PIA-menetelmässä keskitytään pääsemään eroon PLM-jätteestä. Tällaista ”jätettä” ei nähdä oleellisena, mutta se aiheuttaa päivittäin tarpeetonta parantelua ja aiheuttaa salaa kustannuksia. Haasteena on tunnistaa ja verrata harvinaisia vakavia seurauksia niihin toistuviin pieniin ongelmiin.

Rinnakkaisten rakenteiden käyttöönoton jälkeen tulisi suorittaa PIA-tutkimus näiden vaikutuksista tuotetietoon. Vaikutukset voivat olla positiivisia tai negatiivisia. Tärkeintä olisi saada selville, että jos rinnakkaisia rakenteita tehdään niin mitä siitä seuraa. Eri liiketoimintojen edustajia tulisi ottaa mukaan PIA-vaikuttavuusanalyysejä tehdessä. Liiketoimintojen edustajia rinnakkaisrakenteiden vaikuttavuutta analysoitaessa tarvittaisiin suunnittelu-, tuotanto-, jälkimarkkinointi- ja tuotetieto-organisaatioilta.

Vuonna 2011 tehdyssä kohdeyrityksen PIA-vaikuttavuusanalyyseissä saatujen tietojen perusteella virheelliset yksilörakenteet, muutostiedotteet ja nimikkeen dokumentit aiheuttavat virhekustannuksia vuositasolla. Näihin virhekustannuksiin voidaan löytää ratkaisuja tämän diplomityön viitekehystä.

Yksilörakenteen hallinta paranisi ja sen virhekustannukset pienenisivät, jos tuotteesta luotaisiin paremmin ylläpidettävämpi ja PLM-järjestelmiin integroitu SPBOM rakennäkö. Haanpää (2010, s. 42) on maininnut muutostenhallinnan haasteeksi maailmanlaajuisesti valmistettavien tuotteiden tuoterakenteen ja tuotantolokaatioiden kokoonpanovaiheistusten yhteensovittamisen. Tämä muutostiedotteiden virhekustannuksia vähentävä ratkaisu on mahdollista toteuttaa rinnakkaisten rakenteiden avulla, jos niitä hallitaan samassa järjestelmässä kuin EBOM:ia. Tällöin EBOM:n, MBOM:n ja SPBOM:n muutosten hallinta paranisi siten, että tuotteeseen tehty suunnittelumuutos EBOM:iin aiheuttaisi vastaavan muutosreaktion tuotteen jokaiseen rinnakkaiseen rakenteeseen. Luvussa 5.1 todettiin, että rinnakkaiset rakenteet voisivat toimia irrallisten dokumenttien tuomisessa muiden liiketoimintojen piiriin. Näin voisi olla mahdollista saada vähennettyä dokumenttien virheellisyyttä.

6 TAPAUSTUTKIMUSTEN TULOSTEN TARKASTELU

Työn tapaustutkimusten tulokset perustuvat teoriasta hankittuihin tietoihin. Kohdeyrityksen sisäisten organisaatioiden PLM-järjestelmien nykytilaa selvittämällä voitiin havaita mahdollisia parannuskohteita. Tulokset perustuvat käytännön testaamisessa opittuihin asioihin ja työn taustalla olevan teorian ymmärtämiseen. Tekijä pyrki ymmärtämään sitä reittiä, miten kohdeyritys on päätenyt nykyiseen tilaan PLM-järjestelmissä ja tätä kautta pohti mahdollisia kehitysnäkymiä näille järjestelmille.

6.1 Tapaustutkimusten tulokset

Tapaustutkimuksia oli esitetty kolme kappaletta luvussa 4. Näissä käsiteltiin kolme erilaista tapaa hyödyntää rinnakkaisia tuoterakenteita ja tuotenäkymiä teollisuusyrityksessä. Tässä luvussa käydään läpi näissä kolmessa tapaustutkimuksessa kysytyt kysymykset ja kerätään näille oleelliset vastaukset.

Tapaus 1

Miten muutosten hallintaa voisi kehittää tuotantorakenteen avulla?

Tuotantorakenteen muodostaminen edistää globaalien tuotantolokaatioiden välistä tuotantoa sekä sen ohjausta. Kyseinen tuotantorakenne tehdään jo nykyään ERP-järjestelmässä. Se on EBOM:sta määritelty lokaatiokohtaisen materiaalitiedon mukaiseksi ja sen BOM voi poiketa EBOM:sta tuotantolokaatioiden mukaiseksi.

Kun rinnakkaisia BOM:eja hallittaisiin keskitetysti samassa järjestelmässä, muutosten seuraaminen ja hallinta olisi keskitetty yhteen järjestelmään. Muutokset siis realisoituisivat nopeammin tuotantoon. Tuotantorakenteen avulla tuotanto pystyisi esittämään muutokset suunnittelulle uudella tavalla, joka olisi visuaalisempi. Rinnakkaisilla BOM:eilla voidaan vähentää kustannuksia, joita aiheutuu kommunikoinnin virheistä ja revisioitujen rakenteen muutoksista.

Missä MBOM on?

MBOM on siellä järjestelmässä, jossa tuoterakenne voidaan jäädä sarjanumeron perusteella. Tuotannon rakenteessa nimikkeiden tulee olla revisiotarkkoja ja tuotantoon hyväksyttyjä. Kannattaako MBOM:n ylläpito silloin ERP-järjestelmässä, kun sen ominaisuuksista saisi enemmän hyötyä PDM- tai EDM-järjestelmässä. Tiedonsiirron lisääminen ERP-järjestelmästä PDM & EDM-järjestelmiin integroimalla toisi mahdollisuuden miettiä MBOM:n paikkaa uudestaan. Tuoteyksilöiden rakenne ERP-järjestelmää

visuaalisemmissa ohjelmistoissa toisi uusia kehitysmahdollisuuksia myös palveluliiketoiminnan tarpeisiin.

Tapaus 2

Miten SBL hyötyisi rinnakkaisesta tuotenäkymästä tai rinnakkaisrakenteesta?

Palveluliiketoiminnan tarve rinnakkaiselle tuoterakenteelle on selkeämpi ja suurempi kuin tuotannon tapauksessa. Varaosakirjan päivittäminen vie aikaa, jäädytetty yksilö rakenne ei ole nykyaikaisten järjestelmien tasolla ja varaosapiirustukset tehdään osittain PLM-järjestelmien ulkopuolella. Rinnakkaisrakenteella saataisiin paremmin asiakasta palveleva varaosakirja rakentamalla selkeämpi ja helpompi tuoterakenne palveluliiketoiminnan tarpeisiin.

SPBOM vaatisi jäädytetyn tilauskohtaisen tuoterakenteen samaan järjestelmään toimiakseen samaan tapaan kun MBOM:kin vaatii. Varaosa-attribuutit EDM-järjestelmässä hyödyttäisivät itsessään jo suunnittelijoita, mutta toisivat myös mahdollisuuden hyödyntää varaosanäkymiä tuotteilla. Panostaminen PLM:n kehittämiseen myös tässä osa-alueella takaa liikevoiton säilymisen.

Kuinka varaosapiirustus voitaisiin luoda visuaalisemmin ja vaivattomammin?

Varaosapiirustuksen tehokkaampaan hallintaan ja tekemiseen tulisi saada PDM & EDM-järjestelmään integroitu kevyt mallien piirto-ohjelma. Yksi vaihtoehto-ohjelma on Cortona3D, jossa on kehittynyt integraatio Teamcenter-ohjelmiston kanssa. Cortona3D:n tuoteidea on dokumentaation ja CAD-järjestelmien hyötyjen yhdistäminen. Kolmannessa tapauksessa tutkittua mahdollisuutta CAD-perusteisesta rinnakkaisesta tuotenäkymästä voidaan teoriassa hyödyntää myös varaosapiirustusten tekemisessä.

Tapaus 3

Kuinka asennusohjeiden tekeminen muuttuu Teamcenteriä ja NX:ää hyödyntämällä?

Kolmannen tapauksen vastaus on tiedon säilytys ja ohjeiden päivittyvyys. Kohdeyrityksessä tehdyn päivittyvän tuotannon kokoonpanon tekeminen työohjetta varten toimi hyvin. Työohjeeseen saatiin lisättyä osaluettelo vain niistä komponenteista, joita tarvitaan tietyssä asennusvaiheessa. Viidestä eri kokoonpanosta poimituista 22 komponentista tehty asennusohje vähensi paperisivujen määrää 12 sivusta kahteen sivuun. Yksi työohje voidaan lisätä suoraan työvaiheelle tuotteen routingissa ilman usean työohjeen yhdistelyä. Tästä saavutettu hyöty edistää MES-järjestelmien käytettävyyttä ja sen tehokkuutta tuotteen kokoonpanossa.

Tuotannon insinöörit ja -suunnittelijat voivat hyötyä prototyyppituotteen katselmoinnista virtuaalisesti TC/NX -järjestelmässä. Luvun 4.4 lopussa esitelty uuden ylätaason luominen tuotenimikkeelle mahdollistaa teoriassa myös virtuaalisen katselmoinnin. Tuotanto voisi tarkastella uustuotteen suunnittelun etenemistä ja tarvittaessa puuttua tuotteen kehittämiseen tuotannon näkökulmasta. Uustuotteen katselmoinnilla voidaan korjata virheitä hyvissä ajoin ennen tuotteen valmistamista simuloimalla tämän valmistamista CAD-ohjelmistolla. Uustuoteprojekteihin liittyvä jatkokehitysidea on teknisesti

mahdollinen eikä se vaadi uusia ohjelmistomoduuleja olemassa oleviin järjestelmiin. Ylätason nimike saattaa tosin haitata uustuotteen suunnittelua, sillä se tuo tiettyjä rajoitteita TC-järjestelmässä. Ylätason nimikkeellä saavutettu katselmointietu perustuukin rinnakkaisen suunnittelun tuomaan läpinäkyvyyden kasvuun ja yhteistyön lisäämiseen. Hyötyjä katselmoinnista saadaan eniten uustuoteprojektin alkuvaiheessa, jolloin tuotteesta ei ole vielä täydellistä mallia.

6.2 Yhteenveto

Tässä työssä tutkittujen PLM-järjestelmien hyödyntämismahdollisuudet teollisuusyrityksessä johtuivat tarpeesta kehittää tuotantoa maailmanlaajuisemmaksi ja löytää kehittymismahdollisuuksia palveluliiketoiminnalle PLM-järjestelmillä. Hyödyntämisessä keskipisteeseen nousi Teamcenter EDM-käyttöjärjestelmä siihen integroidun NX CAD-ohjelmiston lisäksi. Nykytilaa selvitettyä keskityttiin kahteen tuotteen elinkaaren vaiheeseen eli tuotantoon ja palveluliiketoimintaan. Näiden lisäksi huomioitiin globaalin IT-organisaation tuomat vaatimukset tuoterakenteen kehittämisessä.

Ensimmäinen tavoite työssä oli tuoda PLM-järjestelmien piiriin rinnakkaisia tuoterakenteita vastaamaan eri sidosryhmien tarpeita. Tämän läpivienti tulee vaatimaan kohdeyrityksessä enemmän aikaa. Liitteissä 1 ja 2 esitetyillä kuvilla voidaan saada aikaiseksi ajatus siitä, mitä kohdeyrityksen PLM-järjestelmät nykyään on ja mitä ne voisivat olla. Tuotannon rinnakkaisrakenteen tekeminen Teamcenter-käyttöjärjestelmässä vaatii nykyisen perintöpohjaisen PLM-arkkitehtuurin muuttamista enemmän yksilölähteiseen PLM-arkkitehtuuriin. Helpompaa olisi saada palveluliiketoiminta aloittamaan oman rinnakkaisen tuoterakenteen tekeminen pohjautuen kriittisten osien luetteloon sekä hyödyntämään Teamcenter-järjestelmään integroidun CAD-järjestelmän toimintoja.

Työn toinen tavoite oli kehittää tuotannon kokoonpanon varusteluohjeita. Varusteluohjeet eivät päivitty automaattisesti, jos ne on tehty erillisillä integroimattomilla ohjelmilla. NX-ohjelma saatiin sopeutumaan varusteluohjeiden tekoon ja jatkossa tuotekehityksinsinöörit voivat tehdä varusteluohjeita Teamcenter/NX-ympäristössä. Jatkokehitystä varusteluohjeille tuo Cortona3D-ohjelmiston tutkiminen sekä varusteluohjeiden testaaminen MES-järjestelmässä.

Tuotannon halu kehittää toimintaa digitalisoinnilla tuo tuotteen lähemmäksi sen elinkaaren järjestelmiä, lisäten läpinäkyvyyttä eri liiketoimintojen välillä. Painopiste rinnakkaisten BOM:ien luomisessa menee aikaisempaan vaiheeseen kuin aiemmin, jolloin voidaan saada korjattua ongelmia ennen niiden päätymistä tuotantoon. PLM-järjestelmissä ja rinnakkaisissa tuotenäkymissä suurin hyöty saavutetaan tuotteen parissa työskentelevien osastojen tiedon jakamisessa sekä prosessien hallinnan läpinäkyvyyden lisäämisessä.

LÄHTEET

Ainasvuori, R. 2014. Metso Minerals Tampere yritysesittely. Sisäinen dokumentti.

Alanko, P. 2008. Asiakasdokumentaation sisällönhallinnan kehittäminen. Diplomityö. Teknillinen Korkeakoulu. 82 s.

ANSI/ISA-95.00.03.2005. 2005. Enterprise-Control System Integration Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management. ISA. 101 p.

Chryssolouris, G., Mavrikios, D., Papakostas, N., Mourtzis, D., Michalos, G. & Georgoulas, K. 2009. Digital manufacturing: history, perspectives, and outlook. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 223(5). pp. 451-462.

Crnkovic, I., Asklund, U. & Persson-Dahlqvist, A. 2003. Implementing and Integrating Product Data Management and Software Configuration Management. Artech House Inc. 338 p.

Eriksson, P. & Koistinen, K. 2005. Monenlainen tapaustutkimus. Julkaisuja 4: 2005. Helsinki: Kuluttajatutkimuskeskus. 49 s.

Fimecc. 2012. MANU – Future digital manufacturing technologies and systems. MANU Programme Plan. Internal document. 63 p.

Grieves, M. 2006. Product Lifecycle Management: Driving the next generation of lean thinking. New York: McGraw-Hill. 288 p.

Haanpää, A. 2010. Kokoonpanomallinnuksen parhaat käytännöt globaalissa suunnittelujärjestelmässä. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. 99 s.

Juuti, T. & Lehtonen, T. 2006. Using Multiple Modular Structures in Delivering Complex Products. NordDesign 2006 – Product Design in Changing Environment. Reykjavik, Iceland, August 18–20, 2006. pp. 266–276.

Kahn, K. B. 2005. Process Ownership. PDMA Handbook of New Product Development (2nd edition). John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-472-48524-1. 625 p.

Kasanen, E., Lukka, K. & Siitonen, A. 1991. Konstruktiivinen tutkimusote liiketaloustieteessä. Liiketaloudellinen Aikakauskirja No 3, s. 301-329.

Kauhanen-Simanainen, A. 2003. Informaatioarkkitehtuuri. CIM-kustannus. 160 s.

Lee, C., Leem, C. S. & Hwang, I. 2011. PDM and ERP integration methodology using digital manufacturing to support global manufacturing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 53(1-4). pp. 399-409.

Leino, S. P., Anttila, J. P., Heikkilä, J., Aaltonen, J. & Helin, K. 2012. PLM Impact Analysis Model-PIA. In *Product Lifecycle Management. Towards Knowledge-Rich Enterprises*, Springer Berlin Heidelberg. pp. 501-511.

Majander, T. 2011. Tuoterakenne tulevaisuuden kaivosporalaitteille. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. 77 s.

Metso vuosikertomus 2013. [sähköinen dokumentti]. 2014. Metso. [viitattu 10.3.2014] Saatavissa:
http://www.metso.com/reports/2013/assets/files/downloads/metso_annual_review_2013_finnish.pdf

Mikkonen, J. 2013. Engine module (c13 tier3/4i lt1213). Metso Minerals Oy. Sisäinen dokumentti. 3 s.

Peltonen, H., Martio, A. & Sulonen, R. 2002. PDM – Tuotetiedonhallinta. Edita Prima Publishing. Helsinki. 169 s.

Porter, M. E. 1980 *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*, New York, Free Press. 369 p.

Saunamäki, S. 2013. LT1213/S: Takajalan varustelu. Metso Minerals Oy. Sisäinen dokumentti. 13 s.

Shilovitsky, O. 2012. Four Reasons it is hard to deliver MBOM in PLM. *Beyond PLM*. [WWW]. [Viitattu 25.2.2014]. Saatavissa: <http://beyondplm.com/2012/10/15/4-reasons-why-it-is-hard-to-deliver-MBOM-in-plm/>

Sääksvuori, A. & Immonen, A. 2008. *Product lifecycle management (3rd edition)* Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, 253 p.

Tainio, H. 2013. Yrityksen varaosakirjatuotannon kehittämismenetelmien arvionti. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. 52 s.

Vainio, V. 2012. Comparative research of PLM usage and architecture. Master of Science Thesis. Tampere University of technology. 73 p.

Vehviläinen, M. 2013. Teamcenter for Manufacturing. Ideal PLM Technology Day. Ideal PLM. Sisäinen dokumentti. 21 p.

Voskuil, J. 2008; 2014. Where is the MBOM? PLM and Blockers. Jos Voskuil's Weblog. [WWW]. [Viitattu 25.2.2014; 19.5.2014]. Saatavissa:
<http://virtualdutchman.com/2008/07/03/where-is-the-mbom/>
<https://josvoskuil.files.wordpress.com/2014/04/concurrentengineering.png>

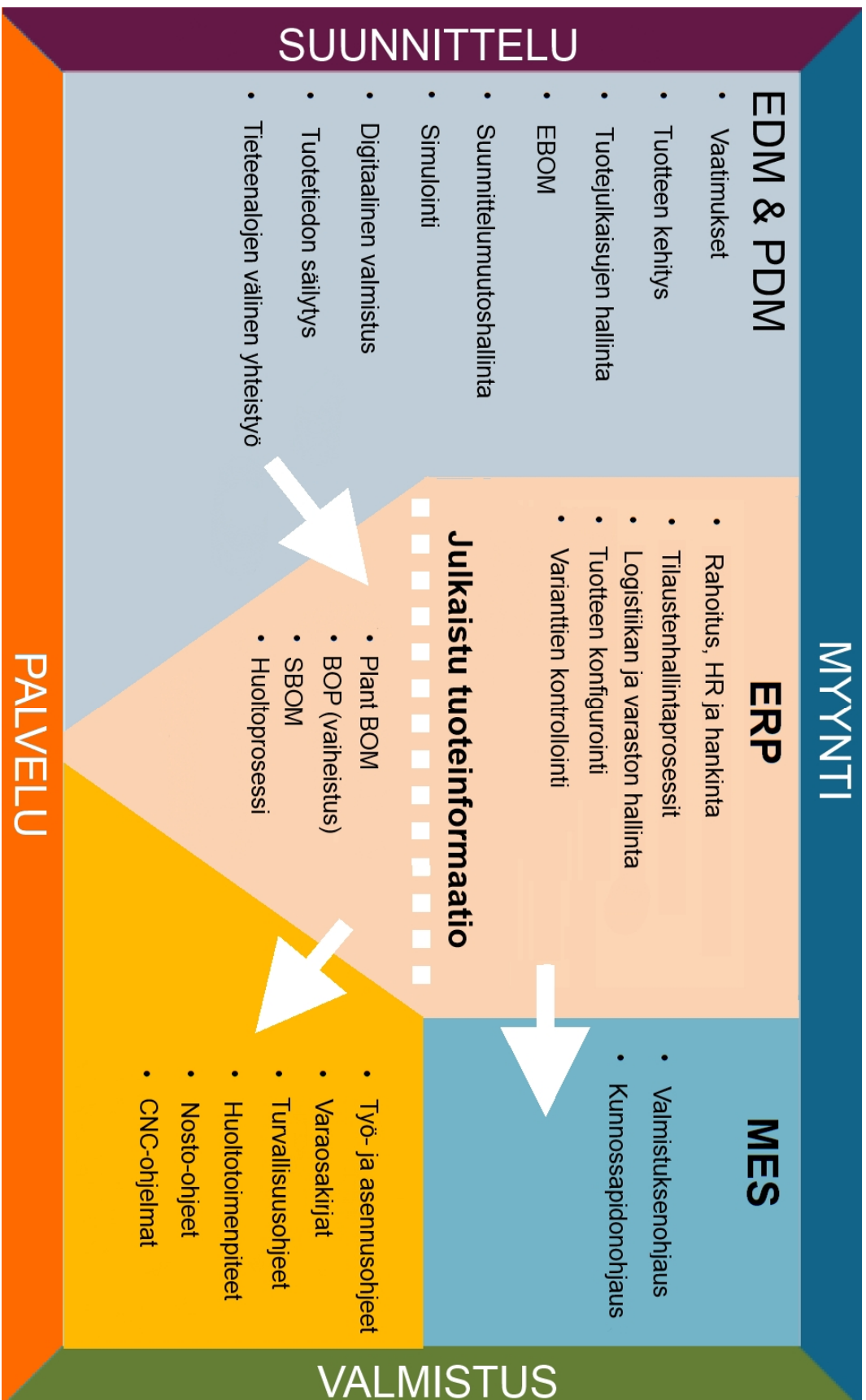
Westkämper, E. 2007. Digital Manufacturing in the global Era. In Digital Enterprise Technology. Springer US. pp. 3-14.

Whale, B. 2014. Service lifecycle Management: Positioning and summary. Ideal PLM Services Event. Siemens PLM. Sisäinen dokumentti. 17 s.

Womack, J.O. & Jones, D.T. 1996. Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your organisation. Simon & Schuster, New York. 397 p.

Xiaochuan, C., Jianguo, Y., Li, B. & Feng, X. 2004. Methodology and technology of design for cost (DFC). In: Intelligent Control and Automation, 2004. WCICA 2004. Fifth World Congress on. IEEE. pp. 2834–2840.

LIITE 1: TEOLLISUUSYRITYKSEN TYYPILLINEN NYKYTILANNE PLM-JÄRJESTELMISSÄ



LIITE 2: VISIO TEOLLISUUSYRITYKSEN PLM-JÄRJESTELMÄSTÄ

